

МІНІСТЕРСТВО КУЛЬТУРИ
ТА СТРАТЕГІЧНИХ КОМУНІКАЦІЙ УКРАЇНИ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУКИ І ОСВІТИ
ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСНОЇ ВІЙСЬКОВОЇ АДМІНІСТРАЦІЇ
ХАРКІВСЬКА ДЕРЖАВНА НАУКОВА БІБЛІОТЕКА
ім. В. Г. КОРОЛЕНКА

**НАУКА ХХІ СТОЛІТТЯ.
ІННОВАЦІЇ У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ**

Матеріали науково-практичної конференції

Харків, 12 травня 2025 року

Харків 2025

УДК 001.895:338.47]:005.745"2025"]:027.021(477.54-25)ХДНБ(06)
НЗ4

Упорядник: **Прохорова Ганна Валеріївна**, завідувач відділу науково-інформаційного забезпечення інноваційних процесів Харківської державної наукової бібліотеки ім. В. Г. Короленка

Науковий редактор: **Глазунова Людмила Володимирівна**, заступниця директора з наукової роботи Харківської державної наукової бібліотеки ім. В. Г. Короленка, кандидатка наук із соціальних комунікацій

*Затверджено до друку вченою радою
Харківської державної наукової бібліотеки ім. В. Г. Короленка
(протокол № 2 від 19 червня 2025 року)*

НЗ4 **Наука ХХІ століття. Інновації у транспортній галузі :** матеріали наук.-практ. конф., Харків, 12 трав. 2025 р. / М-во культури та стратег. комунікацій України, Департамент науки і освіти Харків. обл. військ. адмін., Харків. держ. наук. б-ка ім. В. Г. Короленка; [упоряд. Г. В. Прохорова ; наук. ред. Л. В. Глазунова]. – Харків, 2025. – 95 с.

Збірник містить доповіді та повідомлення науково-практичної конференції «Наука ХХІ століття. Інновації у транспортній галузі», що відбулася 12 травня 2025 року в рамках VII Фестивалю науки.

Видання адресоване науковцям, викладачам, студентам закладів вищої освіти, а також фахівцям транспортної галузі.

УДК 001.895:338.47]:005.745"2025"]:027.021(477.54-25)ХДНБ(06)

© Харківська державна наукова
бібліотека ім. В. Г. Короленка, 2025

ЗМІСТ

Від укладачів	5
Привітання учасникам	7
Петренко Н. В.	7
Сухорукова Н. А.	8
Розділ 1. Логістика та транспорт в умовах воєнного стану	10
Березовський В. О. Роль автотранспорту в гуманітарній логістиці під час воєнного стану	10
Тогаєв Р. М., Птиця Н. В. Оптимізація перевезень гуманітарних вантажів автомобільним транспортом в умовах воєнного стану.....	14
Птиця Н. В., Птиця Г. Г. Проблематика управління запасами в умовах трансформації логістичних потоків під час воєнних дій	17
Деділова Т. В., Хижниченко А. О. Стратегічне управління автотранспортним підприємством малого бізнесу в умовах воєнного стану: виклики та оптимізаційні рішення.....	21
Кохан І. Р. Організація безпечних транспортних перевезень у кризових умовах: український досвід воєнного часу.....	27
Шаповалюк О. С., Сідак Ю. С. Роль автотранспорту в гуманітарній логістиці. Гнучкість і мобільність. Гнучке управління маршрутом	34
Розділ 2. Інновації та цифровізація в транспортній сфері	38
Біленко В. І. Використання штучного інтелекту в логістиці.....	38
Кохан І. Р. Модернізація транспортної інфраструктури України через призму кібербезпеки та цифрової трансформації	44
Семенцова О. В., Челядінова Н. Г. Інноваційні напрями подолання викликів у сфері управління залізничною галуззю у сегменті пасажирських залізничних перевезень	49
Розділ 3. Технічні аспекти та проєктування транспортних систем	54
Кудряшов Д. В., Кудряшова Н. С. Інновації у розробці вагонів для перевезення масових вантажів: стратегічні орієнтири для України	54

Мирненко М. Д. Методологічні підходи до побудови інформаційних просторів в автоматизованому проєктуванні БПЛА.....	59
Лазарева Н. М. Програмна реалізація адаптивної нейро-нечіткої моделі керування скочуванням вагонів	66
Розділ 4. Авіація та аерокосмічні технології	71
Овсяннік В. М. Розрахунково-експериментальні дослідження напружено-деформованого стану натурних авіаційних конструкцій	71
Шорінов О. В., Білан Д. О. Перспективи використання технології холодного газодинамічного напілювання в аерокосмічній галузі	73
Єна М. В. Забезпечення безпечного розділення БПЛА у повітряному просторі.....	75
Розділ 5. Екологічна стійкість та сталий розвиток.....	78
Середіна А. С. Транспорт завтрашнього дня: інновації для чистої планети	78
Нерубацький В. П., Фалєєв Ф. Р. Реалізація розвитку залізничного транспорту з дотриманням екологічних вимог	86
Птиця Г. Г., Абрамова Л. С., Птиця Н. В. Розвиток інфраструктури активної індивідуальної мобільності як стратегічний напрям екологічно стійкого міського транспорту.....	90

ВІД УКЛАДАЧІВ

Конференцією «Наука ХХІ століття. Інновації у транспортній галузі» 12 травня 2025 року було урочисто відкрито VII Фестиваль науки, що традиційно об'єднує наукову спільноту Харкова навколо актуальних тем сучасної науки, технологій та освіти. Тему цьогорічної конференції обрано не випадково, адже саме транспорт є одним із ключових секторів національної безпеки, економіки й відновлення інфраструктури в умовах війни та подальшого післявоєнного розвитку. Виконання завдань логістики, мобільності, екологічної сталості, цифровізації транспортних систем потребує нових підходів, міждисциплінарних рішень і активного обміну знаннями між науковцями, фахівцями-практиками й студентською молоддю.

З вітальним словом до учасників заходу звернулися директорка Харківської державної наукової бібліотеки ім. В. Г Короленка, голова ХОВ УБА, заслужена працівниця культури України Наталя Петренко та головна спеціалістка відділу науки, вищої та професійної освіти управління науки, вищої, професійної освіти та кадрового забезпечення Департаменту науки і освіти Харківської обласної військової адміністрації Наталія Сухорукова. Промовиці наголосили на важливості наукових ініціатив у складний для країни час, а також на ролі науки як рушія інноваційного розвитку.

Тематика доповідей охоплювала найбільш актуальні напрями розвитку транспортної галузі: цифровізацію, автоматизацію, інженерні інновації, питання енергоефективності, а також роль науково-інформаційного супроводу у впровадженні технологій.

Загалом до заходу долучилося близько 90 учасників, зокрема дослідники з провідних закладів вищої освіти та наукових установ Харкова, а саме: Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Українського державного університету залізничного транспорту, Національного аерокосмічного університету «ХАІ», а також фахівці-практики з профільних підприємств.

Конференція стала важливою платформою для професійного діалогу, обміну знаннями та окреслення нових напрямів співпраці між освітою, наукою, виробництвом і бібліотечною спільнотою.

Структура збірника: «Зміст», «Від укладачів», «Доповіді та повідомлення», супроводжені стислими відомостями про авторів. Для

підвищення змістової логічності та зручності сприйняття матеріалів, представлених у збірнику, застосовано тематико-предметну класифікацію доповідей за ключовими напрямками досліджень і наукової думки у сфері транспорту, логістики та інженерії. Отже, доповіді та повідомлення систематизовані за такими тематичними розділами:

1. Транспорт і логістика в умовах криз та воєнного часу.
2. Інновації у транспортних засобах і технологіях.
3. Інформаційні технології та цифрова трансформація транспорту.
4. Екологічна та соціальна відповідальність у транспортній сфері.
5. Авіаційна й аерокосмічна інженерія.

Матеріали збірника стануть у пригоді дослідникам і викладачам, фахівцям транспортної галузі, органів державного управління, що формують політику в сфері транспорту й логістики, студентам технічних та економічних спеціальностей та усім зацікавленим у розвитку інновацій і стійких рішень для транспортної системи України.

Відповідальність за зміст повідомлень несуть автори.

Електронне видання доступне на сайті ХДНБ ім. В. Г. Короленка:
<https://korolenko.kharkov.com/vydannia-biblioteky/vydannia.html>.

ПРИВІТАННЯ УЧАСНИКАМ

Шановні учасники конференції, науковці, колеги та гості!

Щиро вітаю вас на відкритті VII Фестивалю науки «Наука XXI століття. Інновації у транспортній галузі», організованого нашою бібліотекою. Цей захід проводиться раз на два роки і щоразу присвячується досягненням у певній галузі науки, яка визначає сучасні тенденції розвитку суспільства. Традиційно фестиваль готують працівники відділу науково-інформаційного забезпечення інноваційних процесів, і ми раді знову вітати вас на цьому інтелектуальному майданчику.

Відкриття фестивалю, як завжди, знаменується проведенням науково-практичної конференції. Цьогорічна тема – «Наука XXI століття. Інновації у транспортній галузі» – обрана не випадково, адже транспорт – це не лише основа економіки, логістики, комунікацій. Це – артерії, якими пульсує життя країни. У мирний час транспорт з'єднує міста і села, людей і підприємства. У надзвичайних умовах, під час війни, саме транспорт забезпечує евакуацію, доставку гуманітарної допомоги, переміщення військовослужбовців, відновлення інфраструктури.

Українські транспортники щодня працюють на межі можливостей: під обстрілами, в умовах пошкоджених шляхів, мостів і логістичних вузлів. Їхня робота часто залишається поза увагою, але вона критично важлива для збереження життів, функціонування економіки та наближення перемоги.

У післявоєнний період саме транспорт відіграватиме ключову роль у відновленні країни – у відбудові зруйнованої інфраструктури, забезпеченні мобільності людей, розвитку торгівлі та інвестицій. Тому наука, спрямована на інновації в транспортній галузі, – це не лише про техніку чи логістику, це про наше майбутнє.

Протягом Фестивалю на вас чекає насичена й різноманітна програма заходів: круглий стіл, творчі зустрічі з професіоналами, які втілюють інновації в практику, трибуна вченого, науковий марафон закладів вищої освіти, майстер-клас, воркшоп з 3D-моделювання, а також захоплюючі екскурсії до транспортних музеїв Харкова та знайомство з фондами і можливостями нашої бібліотеки.

Ми щиро дякуємо всім, хто бере участь у конференції, хто досліджує, розробляє, впроваджує новації у транспортній сфері. Бажаю кожному з вас плідної роботи, змістовних дискусій, нових наукових контактів і, головне, впевненості в тому, що ваша праця має велике значення.

Наталя Петренко,
директорка ХДНБ ім. В. Г. Короленка,
голова Харківського обласного відділення
Української бібліотечної асоціації,
заслужена працівниця культури України

Шановні колеги, науковці!

Від імені керівництва Департаменту науки і освіти Харківської обласної військової адміністрації, від усього нашого невеликого, але згуртованого колективу щиро вітаю вас із професійним святом!

Сьогодні ми віддаємо шану всім, хто працює в царині науки – не лише в транспортній сфері, але й в усіх інших галузях. Ми щиро захоплюємося тим, як вам – і молодим дослідникам, і знаним науковцям вдається працювати у таких складних умовах: війна, зруйнована матеріальна база, втрачені лабораторії, пошкоджені навчальні та наукові заклади. Але попри все – ви не зупиняєтесь. Ви працюєте для майбутнього. Ви мислите вперед і шукаєте рішення, як зробити наше життя кращим.

Низький вам уклін! У нас на вас велика надія. Ми завжди знали, що без науки неможливий розвиток, а сьогодні це особливо відчутно. Досягнення в оборонній, медичній, технічній сферах – це те, чим зараз живе країна. І попри труднощі, ми вже маємо прориви, і не лише завдяки допомозі партнерів, а й завдяки нашим власним науковцям.

Бажаю вам визнання – не лише у вигляді нагород, дипломів, медалей (хоча це теж важливо), але насамперед – визнання ваших ідей, розробок і відкриттів. Щоб ви завжди мали підтримку, можливість реалізовувати свої задуми. Адже якщо проривні ідеї не знайдуть підтримки, світ про них не дізнається.

Щодо транспорту: сьогодні, у воєнний час, це одна з ключових галузей, яка стосується кожного. І я з нетерпінням чекаю на доповіді, аби почути нове, дізнатись про інновації саме в цій сфері.

Бажаю вам здоров'я, сил і натхнення для подальших досліджень. Щоб поруч завжди були ті, хто підтримає – і професійно, і по-людськи. І, звісно ж, скорішого миру. Адже після перемоги попереду велика робота – відбудова. І знову саме науковці будуть на передньому краї.

Дякую вам! Все буде Україна!

Наталія Сухорукова,
головна спеціалістка відділу науки, вищої
та професійної освіти управління науки,
вищої, професійної освіти
та кадрового забезпечення
Департаменту науки і освіти ХОВА

РОЗДІЛ 1. ЛОГІСТИКА ТА ТРАНСПОРТ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

УДК 656.1:355.48:614.8

РОЛЬ АВТОТРАНСПОРТУ В ГУМАНІТАРНІЙ ЛОГІСТИЦІ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ

Березовський Валерій Олександрович,
майстер виробничого навчання,
Харківський державний
професійно-педагогічний
коледж імені В. І. Вернадського

Анотація. Розглянуто значення автотранспорту як ключового елементу гуманітарної логістики в умовах воєнного стану. Проаналізовано основні функції автотранспортних засобів у забезпеченні доставки гуманітарної допомоги, евакуації мирного населення, підтримці роботи критичної інфраструктури та логістичному забезпеченні військових підрозділів. Висвітлено основні проблеми, що виникають під час транспортування в зоні бойових дій, зокрема руйнування інфраструктури, дефіцит пального, ризики обстрілів і проблеми координації. Запропоновано шляхи підвищення ефективності гуманітарної автологістики шляхом впровадження цифрових рішень, розвитку альтернативних маршрутів, створення мобільних заправних станцій та забезпечення безпеки транспортних колон. Зроблено висновок про незамінність автотранспорту в умовах воєнного часу для збереження життів та підтримки стабільності в постраждалих регіонах.

Ключові слова: гуманітарна логістика, значення автотранспорту, воєнний стан, евакуація населення, критична інфраструктура, доставка допомоги, транспортна безпека, логістичні виклики, цифровізація логістики.

Annotation. Examines the importance of motor vehicles as a key element of humanitarian logistics in martial law. The main functions of motor vehicles in ensuring the delivery of humanitarian aid, the evacuation of civilians, the support of critical infrastructure, and the logistical support of military units are analyzed. The main problems that arise during transportation in a combat zone are highlighted, including the destruction of infrastructure, fuel shortages, the risks of shelling, and coordination problems. Ways are proposed to increase the efficiency of humanitarian autologistics by implementing digital solutions, developing alternative routes, creating mobile refueling stations, and ensuring the security of transport columns. The conclusion was made about the irreplaceability of motor transport in wartime conditions to save lives and maintain stability in the affected regions.

Keywords: humanitarian logistics, motor transport, martial law, population evacuation, critical infrastructure, aid delivery, transport security, logistical challenges, digitalization of logistics.

Воєнний стан створює серйозні виклики для забезпечення населення основними товарами та послугами. У таких умовах гуманітарна логістика відіграє ключову роль у підтримці життєдіяльності постраждалих регіонів, а автотранспорт є її основним інструментом. Завдяки своїй мобільності, універсальності та доступності автотранспорт дозволяє ефективно доставляти гуманітарну допомогу, евакуювати цивільне населення та забезпечувати функціонування критично важливих об'єктів.

Основні функції автотранспорту в гуманітарній логістиці

Доставка гуманітарної допомоги. Автомобілі є основним засобом транспортування продовольства, медикаментів, засобів гігієни, питної води та теплового одягу до зон, що постраждали від військових дій. Оскільки залізничний транспорт і авіасполучення можуть бути зруйновані або недоступні, саме вантажні автомобілі, автобуси та спецтранспорт беруть на себе основне навантаження з перевезення гуманітарних вантажів.

Однією з головних переваг автотранспорту є можливість оперативного коригування маршрутів, що особливо важливо в умовах бойових дій. Гуманітарні колони можуть змінювати напрямок руху відповідно до безпекової ситуації, уникати замінованих територій або ділянок, що перебувають під обстрілами.

Евакуація мирного населення. Військові конфлікти призводять до масового переміщення людей, які змушені залишати свої домівки через загрозу життю. Автобуси, мікроавтобуси та приватний автотранспорт активно використовуються для евакуації людей із зон бойових дій у безпечні регіони.

Особливо важливою є роль автотранспорту у перевезенні маломобільних груп населення, таких як люди похилого віку, діти, особи з інвалідністю та поранені. Для цього використовуються спеціалізовані медичні автомобілі, обладнані ношами, кисневими балонами та необхідним медичним оснащенням.

Забезпечення роботи критичної інфраструктури. Під час воєнного стану автотранспорт виконує ще одну важливу функцію – забезпечує роботу енергетичних, комунальних та медичних об'єктів. Вантажівки транспортують пальне, генератори, будівельні матеріали,

інструменти та інше обладнання для ремонту електромереж, газопроводів і водопостачання.

Крім того, автомобілі використовуються для перевезення рятувальників, військових медиків та волонтерів, які займаються ліквідацією наслідків бойових дій та наданням допомоги постраждалим.

Логістична підтримка військових і правоохоронних структур. У воєнний час важливим завданням є забезпечення військових підрозділів продовольством, боєприпасами, медикаментами та технічним оснащенням. Автомобільний транспорт дозволяє оперативно здійснювати постачання на передові позиції, навіть за складних дорожніх та погодних умов. Крім того, поліція, Національна гвардія та рятувальні служби також використовують автотранспорт для підтримки правопорядку, перевезення персоналу та організації евакуаційних заходів.

Проблеми та виклики автотранспортної логістики у воєнний час. Попри важливу роль автотранспорту, його функціонування в умовах воєнного стану пов'язане з низкою проблем.

Зруйнована дорожня інфраструктура. Бойові дії часто призводять до пошкодження доріг, мостів, тунелів та логістичних центрів, що значно ускладнює транспортування гуманітарних вантажів.

Дефіцит пального. Воєнний стан може спричинити перебої з постачанням пального, що створює додаткові труднощі для забезпечення безперервного руху автотранспорту.

Ризик обстрілів і мінування доріг. Колони гуманітарного транспорту часто стають мішенню для ворожих атак, що створює загрозу життю водіїв, волонтерів та пасажирів.

Проблеми з координацією. В умовах активних бойових дій необхідна чітка взаємодія між державними структурами, військовими, міжнародними гуманітарними організаціями та волонтерами, що не завжди легко організувати.

Способи підвищення ефективності гуманітарної автологістики

Щоб забезпечити безперебійне функціонування автотранспорту у воєнний час, необхідно впроваджувати такі комплексні заходи:

- розвиток альтернативних маршрутів. Використання тимчасових доріг, понтонних переправ та об'їзних шляхів допомагає уникнути затримок у доставці вантажів;

- запасні джерела пального. Організація мобільних паливозаправних станцій та координація постачання пального можуть значно знизити ризик зупинки транспорту;

- посилення безпеки гуманітарних перевезень. Супроводження колон військовими та організація «зелених коридорів» допомагають зменшити ризик атак;

- цифровізація логістичних процесів. Використання GPS-трекерів, мобільних додатків для координації волонтерів та централізованих баз даних дозволяє більш ефективно планувати та відстежувати переміщення автотранспорту.

Автотранспорт є ключовим елементом гуманітарної логістики під час воєнного стану. Мобільність, оперативність та можливість доставки вантажів у важкодоступні райони роблять його незамінним засобом у забезпеченні населення життєво необхідними ресурсами. Попри всі виклики, що виникають у воєнний час, завдяки злагодженій роботі волонтерів, міжнародних організацій, військових і цивільних структур автотранспортна логістика залишається ефективним інструментом для порятунку життів та підтримки стабільності в країні.

Список бібліографічних посилань

1. Ковальчук І. І., Петренко Л. В. Гуманітарна логістика в умовах надзвичайних ситуацій. Київ, 2022. 156 с.
2. Україна. Міністерство інфраструктури. Про організацію гуманітарних коридорів та логістичного забезпечення евакуації населення : Наказ № 374 від 25.07.2022. URL: <https://mtu.gov.ua> (дата звернення: 21.04.2025).
3. United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (UN OCHA). Ukraine: Humanitarian Response Plan 2023. 2023. URL: <https://www.unocha.org> (дата звернення: 29.03.2025).
4. World Food Programme (WFP). Logistics Cluster Operations in Ukraine: Emergency Transport Coordination. 2023. URL: <https://logcluster.org> (дата звернення: 25.03.2025).
5. Курдюков С. О. Мобільність транспорту в умовах кризових ситуацій // Вісник транспортної логістики. 2021. № 3. С. 45–52.
6. International Committee of the Red Cross (ICRC). Guidelines for Safe Humanitarian Transport in Conflict Zones. 2022. 24 p.
7. Коваленко М. Ю. Проблеми забезпечення безпеки автотранспортних перевезень у зоні бойових дій // Науковий вісник Харківського національного університету внутрішніх справ. 2023. № 2 (118). С. 102–109.
8. Bryant J., Peterson L. Emergency logistics: humanitarian supply chains in conflict zones // Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management. 2020. Vol. 10, No. 1. P. 12–27.

УДК 656.02"364"

ОПТИМІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ГУМАНІТАРНИХ ВАНТАЖІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Тогаєв Руслан Максимович,
здобувач магістратури;

Птиця Наталія Василівна,
кандидатка технічних наук, доцентка,
Харківський національний
автомобільно-дорожній університет

Анотація. Розглядаються особливості організації автомобільних перевезень гуманітарних вантажів в умовах воєнного стану в Україні. Проаналізовано зміни у логістиці та транспортних потоках, зумовлені збройною агресією, визначено актуальні виклики та вимоги до перевезення гуманітарної допомоги. Окрему увагу приділено безпеці перевезень, плануванню маршрутів, координації між учасниками логістичного процесу, а також застосуванню сучасних цифрових технологій. Обґрунтовано необхідність комплексного підходу до оптимізації транспортних потоків у кризових ситуаціях з метою забезпечення безперервної, безпечної та оперативної доставки гуманітарних вантажів до постраждалих регіонів.

Ключові слова: гуманітарні перевезення, автомобільний транспорт, логістичний процес, воєнний стан, оптимізація маршрутів, безпека перевезень, транспортні потоки.

Annotation. Examines the specific features of organizing humanitarian freight transport by road under martial law conditions in Ukraine. It analyzes the transformation of logistics and transport flows caused by the armed aggression and outlines the current challenges and requirements for humanitarian aid delivery. Particular attention is paid to transport safety, route planning, coordination between stakeholders, and the use of modern digital tracking technologies. The need for an integrated approach to optimizing transport flows during crises is substantiated to ensure uninterrupted, safe, and timely delivery of humanitarian goods to affected regions.

Keywords: humanitarian transport, road freight, logistics process, martial law, route optimization, transportation safety, transport flows.

Повномасштабне вторгнення військ РФ на територію України спричинило радикальні трансформації в системі автомобільних перевезень, що зумовило необхідність оперативного переосмислення логістичних процесів. Структура вантажопотоків істотно змінилася, зокрема суттєво

зросла частка гуманітарних вантажів, які потребували термінового транспортування до постраждалих регіонів. Перевезення стали здійснюватися в умовах обмеженого доступу до традиційної інфраструктури, підвищених ризиків та високої динаміки зміни потреб. На законодавчому рівні гуманітарні вантажі мають чітке визначення відповідно до Закону України «Про гуманітарну допомогу», який охоплює допомогу, надану з гуманних мотивів, у відповідь на надзвичайні ситуації, соціальну вразливість або збройну агресію. Гуманітарні перевезення мають на меті оперативне забезпечення базових потреб населення в умовах кризи [1].

З метою підтримки зовнішньоекономічної діяльності, 29 червня 2022 року між Україною та Європейським Союзом було підписано Угоду про вантажні перевезення автомобільним транспортом, яка передбачає тимчасове скасування дозвільних документів для міжнародних автоперевезень. Це дозволило забезпечити безперервність експорту та імпорту, попри блокування окремих маршрутів [2].

За офіційною інформацією Державної митної служби, лише за перші два місяці повномасштабного вторгнення Україна отримала понад 285 тисяч тонн гуманітарних вантажів. Основними категоріями стали харчові продукти, медикаменти, засоби гігієни, одяг та інші товари першої необхідності [3]. Унаслідок бойових дій транспортна інфраструктура зазнала значних пошкоджень, що призвело до зменшення кількості доступних транспортних коридорів. Переважна частина логістичних потоків перемістилася на автомобільний транспорт, що забезпечує мобільність, гнучкість і можливість доставки до віддалених або небезпечних районів. Цьому сприяла також лібералізація регуляторних норм, зокрема запровадження «транспортного безвізу» з ЄС та скасування низки митних процедур.

Автомобільні перевезення гуманітарних вантажів в умовах воєнного стану потребують ретельно скоординованої взаємодії між органами державної влади, гуманітарними організаціями, місцевими адміністраціями та автотранспортними підприємствами. Ефективність таких перевезень значною мірою залежить від правильного планування маршрутів, координації з поліцією, митними та прикордонними службами, а також наявності інфраструктурної підтримки.

Безпековий аспект є критично важливою складовою оптимізації транспортних потоків. Забезпечення захисту вантажів і водіїв, моніторинг маршрутів, перевірка документації, а також використання надійного

транспорту – усі ці заходи спрямовані на зниження ризиків та забезпечення безперебійної доставки. Оптимальне планування гуманітарних перевезень передбачає врахування наявних ресурсів, транспортної доступності, логістичної інфраструктури, часу доставки та рівня загроз у регіоні. Пріоритет надається використанню ефективних маршрутів, уникаючи зон бойових дій та завчасно погоджуючи переміщення з відповідними структурами. Серед сучасних інструментів, які сприяють підвищенню ефективності, особливо актуальним є застосування гуманітарних автопоїздів та спеціалізованих колон. Вони дозволяють централізовано доставляти великі обсяги вантажів до логістичних хабів або безпосередньо до отримувачів, мінімізуючи витрати часу й пального. Такі транспортні засоби обладнані відповідно до характеру вантажів: дотримання температурного режиму, захист від вологи чи ударів тощо.

Важливою складовою сучасної логістики в умовах війни є впровадження цифрових технологій для супроводу вантажів: GPS-моніторинг, електронна документація, логістичні платформи для координації між усіма учасниками процесу. Такі інструменти забезпечують прозорість, підвищують швидкість реагування на зміни ситуації на маршруті та сприяють безпеці доставки [3; 4].

Комплексна організація автомобільних перевезень гуманітарних вантажів вимагає постійного моніторингу потреб у зонах конфлікту, оперативного перерозподілу транспортних засобів та гнучкого управління маршрутами залежно від змін ситуації. Співпраця з місцевою владою дозволяє ефективніше координувати приймання вантажів і забезпечити безпечний розвантажувальний процес. Особливу увагу необхідно приділити кваліфікації водіїв, які залучені до перевезення гуманітарних вантажів. Вони повинні бути не лише професійними кермувальниками, але й обізнаними з особливостями проїзду через небезпечні зони, комунікацією з військовими та перевіряючими органами. Забезпечення надійності автопарку та відповідності технічного стану транспорту чинним вимогам також є важливим елементом логістичної безпеки. Своєчасне технічне обслуговування, наявність резервних транспортних одиниць, розробка альтернативних маршрутів у разі непередбачуваних обставин – усе це підвищує стійкість логістичної системи до зовнішніх загроз.

Таким чином, в умовах воєнного стану оптимізація транспортних потоків зосереджена на максимальній мобілізації автомобільного транспорту для виконання критичних гуманітарних завдань. Це вимагає інтегрованого підходу, поєднання організаційних, технічних,

інформаційних та безпекових рішень. Лише через злагоджену взаємодію усіх учасників логістичного ланцюга можливо забезпечити своєчасну, безпечну та ефективну доставку гуманітарної допомоги до найбільш уразливих категорій населення.

Список бібліографічних посилань

1. Україна. Закони. Про гуманітарну допомогу : Закон України. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/view/T991192?ap=56284> (дата звернення: 29.02.2025).
2. Ринок вантажних перевезень у 2022 році. URL: <https://trademaster.ua/articles/313620> (дата звернення: 11.03.2025).
3. Ввезення гуманітарної допомоги під час війни: що треба знати? URL: https://jurliga.ligazakon.net/analytcs/211094_vvezennya-gumantarno-dopomogi-pd-chas-vyni-shcho-treba-znati (дата звернення: 11.03.2025).
4. Калініченко О. П., Россолов О. В. Організація перевезень вантажів : навч. посіб. Харків, 2005. 123 с.

УДК 656.02"364"

ПРОБЛЕМАТИКА УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ В УМОВАХ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЛОГІСТИЧНИХ ПОТОКІВ ПІД ЧАС ВОЄННИХ ДІЙ

Птиця Наталія Василівна,
кандидатка технічних наук, доцента;
Птиця Геннадій Григорович,
кандидат технічних наук, доцент,
Харківський національний
автомобільно-дорожній університет

Анотація. Розглянуто проблематику управління запасами підприємств у контексті трансформації логістичних процесів під час воєнних дій. Акцентовано увагу на викликах, що постають перед українськими компаніями через порушення транспортної інфраструктури, економічну нестабільність та необхідність адаптації до кризових умов. Проаналізовано сучасні підходи до оптимізації управління запасами із застосуванням інноваційних технологій, таких, як штучний інтелект, RFID-системи та інтегровані IT-рішення. Обґрунтовано важливість формування гнучких, адаптивних стратегій для забезпечення безперервності постачання та підвищення стійкості логістичних систем в умовах війни.

Ключові слова: управління запасами, логістичні процеси, транспортні потоки, воєнні дії, адаптивна стратегія, оптимізація маршрутів, RFID (радіочастотна ідентифікація) RFID, штучний інтелект.

Annotation. Examines the issue of inventory management in the context of logistics process transformation during wartime. Particular attention is paid to the challenges faced by Ukrainian companies due to disrupted transport infrastructure, economic instability, and the need to adapt to crisis conditions. The paper analyzes modern approaches to inventory optimization using innovative technologies such as artificial intelligence, RFID systems, and integrated IT solutions. The importance of developing flexible, adaptive strategies to ensure supply continuity and increase the resilience of logistics systems in wartime conditions is substantiated.

Keywords: inventory management, logistics process, transport flows, wartime, adaptive strategy, route optimization, RFID (Radio Frequency Identification), artificial intelligence.

Проблеми ефективного управління запасами є ключовими для функціонування багатьох секторів економіки, зокрема для підприємств виробничої та торговельної сфер, де точність прогнозування попиту та раціональне управління матеріальними ресурсами відіграють визначальну роль у забезпеченні стійких конкурентних переваг. Здатність оперативно реагувати на зміни в логістичних ланцюгах, мінімізувати витрати та підтримувати стабільність постачання є критичною умовою для підвищення операційної ефективності підприємств, особливо в умовах надзвичайних ситуацій та воєнного стану.

Сучасна економічна ситуація в Україні, спричинена повномасштабним військовим вторгненням та наслідками глобальних криз, сформувала нові виклики для систем управління запасами. Українські компанії змушені адаптуватися до деструктивних змін логістичної інфраструктури, порушення транспортних коридорів та нестабільного попиту. В умовах збройного конфлікту питання управління запасами набуло нової актуальності, адже від ефективності логістичних рішень залежать не лише економічні показники, але й здатність підприємств забезпечувати критично важливі функції. Саме тому проблематика управління запасами постійно перебуває у фокусі досліджень науковців та фахівців логістичної галузі України [1].

Аналіз наукових джерел свідчить про зростаючий інтерес до трансформації логістичних стратегій у відповідь на виклики, пов'язані з воєнними діями, порушенням транспортної інфраструктури, економічною нестабільністю, інтеграцією цифрових технологій та необхідністю

адаптації до нових глобальних вимог. Серед ключових трендів відзначаються впровадження штучного інтелекту (AI), використання інструментів Big Data, автоматизація логістичних процесів та орієнтація на екологічну відповідальність.

Запаси підприємства розглядаються як ресурси (активи), що перебувають на балансі організації у вигляді сировини, матеріалів, напівфабрикатів, готової продукції, запасних частин, які зберігаються на складах підприємства, постачальників або споживачів з метою забезпечення безперервності виробничо-комерційної діяльності. Їх наявність і якісне управління визначають рівень обслуговування клієнтів, швидкість реакції на ринкові зміни та здатність підприємства виконувати зобов'язання навіть в умовах збоїв або непередбачуваних подій [2]. Неоптимальне управління запасами може призводити до суттєвих негативних наслідків: надмірних витрат на зберігання, зривів у постачанні, зниження продуктивності, втрати контрактів і, як наслідок, – до зменшення фінансової стійкості компанії. У цьому контексті логістичні процеси, зокрема планування, закупівля, транспортування, складування та розподіл, відіграють ключову роль в забезпеченні ефективного управління запасами. Оптимізація цих процесів, особливо у зонах з обмеженим доступом та підвищеним ризиком, дозволяє підприємствам досягати значного зниження витрат, підвищення рівня сервісу та зменшення логістичних ризиків [3].

Використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій, зокрема автоматизованих систем управління, засобів аналітики даних, а також інтелектуальних систем контролю руху вантажів (наприклад, RFID-ідентифікація), відкриває нові можливості для підвищення ефективності управління запасами навіть у складних умовах воєнного часу. Інноваційні підходи, що включають моделювання сценаріїв, багаторівневі стратегії постачання та побудову резервних маршрутів, стають необхідними інструментами для забезпечення гнучкості логістичних рішень.

Сучасна стратегія управління запасами повинна базуватися на принципах адаптивності, стійкості до зовнішніх впливів та гнучкого реагування на зміни. Це передбачає впровадження динамічного прогнозування, застосування концепцій Just-in-Time, формування стратегічних резервів, диверсифікацію постачальників та інтеграцію цифрових інструментів. Також активно використовуються технології штучного інтелекту та системи обробки великих даних для прогнозування

коливань попиту, оптимізації запасів і прийняття логістичних рішень в режимі реального часу [4].

Підприємства, які прагнуть забезпечити безперервність виробничих процесів в умовах обмеженого або ризикованого доступу до транспортної інфраструктури, повинні ретельно підходити до вибору системи управління запасами. Зокрема, методи ABC-аналізу дозволяють класифікувати ресурси за ступенем їх значущості, ERP-системи забезпечують комплексну інтеграцію процесів управління, а RFID-технології сприяють точному обліку та своєчасному контролю переміщення матеріальних потоків. Концепції Lean Inventory та електронні системи управління замовленнями (EOQ, ROP) забезпечують оптимізацію витрат та скорочення надлишкових запасів [5].

Таким чином, управління запасами в умовах воєнних дій набуває стратегічного значення для підприємств, які прагнуть зберегти життєздатність, підтримувати стабільність логістичних ланцюгів та забезпечити адаптацію до динамічного середовища. Ефективні рішення в цій сфері дозволяють не лише знижувати ризики, але й формувати підґрунтя для сталого розвитку в посткризовий період.

Список бібліографічних посилань

1. Кривешко О. В., Шпарик Я. Я., Мельник Н. В. Особливості управління запасами в кризових умовах // Ефективна економіка. 2022. № 5. URL: <http://www.economy.nauka.ua/?op=1&z=10301> (дата звернення: 14.01.2025).
2. Федак Л. М. Запаси підприємств: сутність та класифікація // Вісник Хмельницького національного університету. Хмельницький, 2012. № 1. С. 157–162.
3. Іпполітова І. Я., Білоцерківський О. Б., Гудименко В. П. Вплив логістичних процесів на ефективність управління запасами підприємства // Економіка та суспільство. 2024. Вип. № 65. С. 1–10.
4. Роздрібні мережі використовують штучний інтелект для управління запасами. URL: <https://trademaster.ua/news/33215> (дата звернення: 15.02.2025).
5. Скаско О. І., Кут Д. М. Застосування нових систем управління запасами на підприємствах в умовах ринкової нестабільності та військового конфлікту // Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Економічні науки. 2024. Вип. 76. С. 119–124.

УДК: 656.073:005.21:334.722(477)]"2022/..."

**СТРАТЕГІЧНЕ УПРАВЛІННЯ АВТОТРАНСПОРТНИМ
ПІДПРИЄМСТВОМ МАЛОГО БІЗНЕСУ
В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ:
ВИКЛИКИ ТА ОПТИМІЗАЦІЙНІ РІШЕННЯ**

Деділова Тетяна Вікторівна,
кандидатка економічних наук, доцентка;
Хижниченко Андрій Олександрович,
здобувач вищої освіти,
Харківський національний
автомобільно-дорожній університет

***Анотація.** Автотранспортні підприємства малого бізнесу відіграють важливу роль у транспортній системі, проте, в умовах воєнного стану стикаються з численними викликами. Саме ефективне стратегічне управління дозволяє їм залишатися конкурентоспроможними завдяки цифровізації, оптимізації витрат, розвитку персоналу та впровадженню інновацій. В роботі наведено порівняння оптимізаційних рішень для автотранспортних підприємств малого бізнесу, що працюють в умовах воєнного стану. Впровадження означених сучасних управлінських оптимізаційних рішень для таких підприємств сприятиме їхньому стабільному зростанню, підвищенню якості обслуговування та розширенню можливостей галузі.*

***Ключові слова:** автотранспортне підприємство, малий бізнес, воєнний стан, оптимізаційні рішення, стратегічне управління.*

***Annotation.** Small business motor transport enterprises play a vital role in the transportation system; however, under martial law conditions, they face numerous challenges. It is effective strategic management that enables them to remain competitive through digitalization, cost optimization, personnel development, and the implementation of innovations. The article presents a comparison of optimization solutions for small motor transport enterprises operating under martial law. The implementation of these modern managerial optimization solutions will contribute to the stable growth of such enterprises, improved service quality, and the expansion of opportunities within the industry.*

***Keywords:** motor transport enterprise, small business, martial law, optimization solutions, strategic management.*

Автотранспортні підприємства малого бізнесу відіграють ключову роль у забезпеченні мобільності населення, розвитку логістики та комерційних перевезень. В умовах зростаючої конкуренції, змін у

законодавстві та нестабільної економічної ситуації ефективне стратегічне управління стає критично важливим фактором для їхнього успішного функціонування.

В цілому малі автотранспортні підприємства виконують важливі функції у сфері пасажирських та вантажних перевезень, логістики та муніципального транспорту. Вони мають ряд особливостей, що впливають на стратегічне управління, а саме:

- обмеженість фінансових ресурсів – нестача коштів для масштабних інвестицій у модернізацію автопарку та цифровізацію;
- гнучкість та оперативність – можливість швидко адаптуватися до змін попиту та ринкових умов;
- висока залежність від зовнішніх факторів – зміни у паливних цінах, державне регулювання, конкуренція з великими перевізниками;
- труднощі з кадровим забезпеченням – брак кваліфікованих водіїв, механіків та логістів [1].

Малі автотранспортні підприємства є важливим сегментом транспортної індустрії, забезпечуючи оперативні вантажні та пасажирські перевезення, логістику, кур'єрські послуги та інші важливі сервіси. Проте вони працюють у складних умовах, стикаючись із зростанням конкуренції, змінами у законодавстві, підвищенням вартості пального та необхідністю оновлення автопарку. Щоб залишатися на ринку та розвиватися, малі автотранспортні компанії мають впроваджувати стратегічний підхід до управління. Це передбачає оптимізацію витрат, впровадження інновацій, ефективну логістику та гнучку адаптацію до змін ринку. Основні аспекти стратегічного управління для малого автотранспортного бізнесу розкрито у табл. 1.

Спираючись на теорію стратегічного менеджменту, автотранспортне підприємство малого бізнесу має розробляти довгострокові цілі та оцінювати напрями ефективного використання ресурсів для досягнення стабільного розвитку. Крім того, до основних функцій стратегічного управління відноситься формування стратегічного бачення та планування.

Таблиця 1.

**Основні аспекти стратегічного управління
для автотранспортних підприємств малого бізнесу
(авторська розробка за [2–3])**

Напрями стратегічного управління	Зміст управлінських процесів та впливів
Раціональне використання ресурсів	Оптимізація маршрутів для мінімізації витрат на паливе та технічне обслуговування
	Використання аналітики та GPS-моніторингу для контролю роботи транспорту та підвищення ефективності перевезень
Фінансова стабільність та інвестування	Диверсифікація доходів шляхом поєднання регулярних перевезень, доставки вантажів та орендних послуг
	Використання державних програм підтримки малого бізнесу
	Вигідні умови лізингу для оновлення автопарку
Цифровізація та автоматизація	Впровадження CRM-систем
	Онлайн-диспетчеризація та мобільні додатки для оптимізації комунікації між водіями та операторами
Робота з персоналом	Розробка ефективної системи мотивації водіїв, що включає бонуси за безпечне водіння та економне використання пального
	Підвищення кваліфікації через тренінги з логістики, управління перевезеннями та обслуговування транспорту
	Гнучкий підхід до графіку роботи, що дозволяє утримувати досвідчених працівників
Адаптація до змін та пошук нових можливостей	Орієнтація на екологічні рішення, такі як електротранспорт або паливозберігаючі технології
	Розширення спектру послуг – співпраця з e-commerce, робота з міжнародними логістичними компаніями
	Використання сучасних маркетингових стратегій (реклама, SMM, партнерські програми, клієнтські програми лояльності)

Функціональні напрями стратегічного менеджменту сфокусовані на оптимізації операційної діяльності (GPS-моніторингу, онлайн-диспетчеризації, оптимізації маршрутів перевезень тощо), формуванні фінансової стратегії та управління витратами (диверсифікації джерел фінансування), управлінні персоналом та мотивації працівників

(наприклад, програми із залучення та утримання кваліфікованих водіїв), впровадженні інновацій та цифровізації.

Умови воєнного стану в Україні спричинили істотні зміни у функціонуванні всіх секторів економіки, зокрема – у сфері вантажних автомобільних перевезень. Особливої уваги вимагає діяльність автотранспортних підприємств малого бізнесу, які мають обмежені ресурси, проте відіграють важливу роль у забезпеченні логістичних зв'язків, доставки гуманітарних вантажів, товарів першої необхідності та підтриманні економічної активності на регіональному рівні.

Стратегічне управління в таких умовах набуває нових форм і змісту, зосереджуючись не лише на забезпеченні ефективної операційної діяльності, але й на здатності підприємства адаптуватися до стрімко змінюваного середовища, управляти ризиками та приймати нестандартні рішення. Основними викликами для автотранспортного малого бізнесу стали деструкція транспортної інфраструктури, нестабільність маршрутів, дефіцит пального, зростання собівартості послуг, а також загроза фізичної безпеки персоналу та вантажів.

У цьому контексті пропонуємо порівняльну таблицю оптимізаційних рішень для автотранспортних підприємств малого бізнесу, що працюють в умовах воєнного стану, яка містить аналіз рішень за такими критеріями, як мета, очікуваний ефект, складність впровадження та вимоги до ресурсів (табл. 2).

В умовах таких викликів стратегічне управління передбачає переорієнтацію на адаптивні моделі планування, що включають аналіз ризиків, впровадження елементів сценарного підходу, диверсифікацію маршрутів, використання цифрових інструментів моніторингу та управління автопарком. Важливим чинником стало зміцнення горизонтальних зв'язків із партнерами, місцевою владою та волонтерськими організаціями з метою координації логістичних зусиль.

Також одним із ключових напрямів оптимізації діяльності є впровадження систем динамічного планування маршрутів із урахуванням безпекових ризиків та стану дорожньої інфраструктури. Також доцільним є залучення аутсорсингових послуг для скорочення непрямих витрат та використання механізмів державної підтримки, зокрема пільгових кредитів, грантів і компенсацій за логістичні втрати.

Таблиця 2.

**Оптимізаційних рішень для автотранспортних підприємств
малого бізнесу, що працюють в умовах воєнного стану
(авторська розробка за [4 –7])**

Оптимізаційне рішення	Мета	Очікуваний ефект	Складність впровадження	Рівень ресурсного забезпечення
Впровадження GPS-моніторингу автопарку	Підвищення контролю за транспортом і маршрутами	Зменшення витрат пального, краща логістика	Низька	Середній
Використання динамічного планування маршрутів	Адаптація маршрутів до змін інфраструктури і безпеки	Скорочення часу доставки, уникнення ризиків від зон бойових дій	Середня	Середній
Перехід на аутсорсинг частини логістичних послуг	Оптимізація витрат і зменшення операційного навантаження	Економія ресурсів, концентрація на ключових процесах	Низька	Середній
Оптимізація складу автопарку (відмова від неефективних ТЗ)	Зменшення експлуатаційних витрат	Зниження витрат на обслуговування, зростання рентабельності	Середня	Високий
Співпраця з гуманітарними та волонтерськими логістами	Об'єднання зусиль задля економії і безпеки	Розширення можливостей доставки, підвищення довіри клієнтів	Низька	Низький
Використання державних грантів та програм підтримки	Отримання фінансування на стабілізацію чи розвиток	Покриття витрат на оновлення ТЗ, впровадження ІТ-рішень	Висока	Середній

Оптимізаційне рішення	Мета	Очікуваний ефект	Складність впровадження	Рівень ресурсного забезпечення
Запровадження онлайн-систем для замовлення перевезень	Автоматизація взаємодії з клієнтами	Зростання кількості замовлень, підвищення зручності обслуговування	Середня	Середній
Диверсифікація видів послуг (гуманітарні, поштові тощо)	Пошук додаткових джерел доходу	Зменшення залежності від одного ринку	Висока	Високий

Як висновок можна зазначити, що стратегічне управління автотранспортними підприємствами малого бізнесу в умовах воєнного стану має спиратися на принципи гнучкості, проактивності та системного аналізу. Оптимізаційні рішення повинні виходити з реального оцінювання наявних ресурсів, ризиків та можливостей середовища, що забезпечить стабільність і перспективу розвитку навіть в умовах глибокої кризи.

Список бібліографічних посилань

1. Власенко Д. О. Особливості стратегічного планування діяльності транспортних підприємств // Економіка та держава. 2014. № 1. С. 32–35.
2. Деречинський Ю. Н., Рудавка Н. В. Аспекти стратегічного управління діяльністю автотранспортних підприємств в сучасних умовах URL: https://ea.donntu.edu.ua/bitstream/123456789/7293/1/703_Dereczynskij.PDF (дата звернення: 15.04.2025).
3. Власенко Д. О. Особливості стратегічного планування діяльності транспортних підприємств URL: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/36641/1/Vlasenko_planning.pdf (дата звернення: 15.04.2025).
4. Лисий В. М., Стебляк Д. М. Вплив війни на розвиток транспортного перевезення в Україні // Науковий вісник Ужгородського національного університету. 2022. № 43. С. 92–96. DOI: <https://doi.org/10.32782/2413-9971/2022-43-16>.
5. Лук'янова О. М. Транспортний комплекс України: виклики воєнного часу та перспективи розвитку // Вісник економіки транспорту і промисловості. 2024. № 85. С. 42–50. URL: <https://doi.org/10.18664/btie.85.306415>.
6. Михайлик Н. І. Основні виклики та перспективи розвитку транспортної логістики в умовах війни // Актуальні проблеми розвитку економіки регіону. 2024. Т. 1. № 20. С. 163–172. URL: <https://doi.org/10.15330/apred.1.20.163-172>.

УДК 656.07:355.48(470:477) "2022/..."

ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНИХ ТРАНСПОРТНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У КРИЗОВИХ УМОВАХ: УКРАЇНСЬКИЙ ДОСВІД ВОЄННОГО ЧАСУ

Кохан Ігор Ростиславович,
викладач,
Харківський автомобільно-дорожній
фаховий коледж

***Анотація.** Розглянуто питання безпеки пасажирських і вантажних перевезень в умовах війни, зокрема в Україні, де транспортна система стала важливим елементом не лише економіки, але й обороноздатності та гуманітарної стійкості. З огляду на реальні загрози, такі як обстріли, мінування та руйнування інфраструктури, в умовах воєнного часу забезпечення безпеки перевезень набуває критичної важливості. Окремо аналізуються виклики та практичні рішення для безпеки пасажирських і вантажних перевезень: від організації маршрутів та евакуації населення до технічних засобів і психологічної підтримки. Також розглядається досвід України, зокрема евакуація мільйонів людей та доставка гуманітарної допомоги в зону бойових дій. Автори пропонують шлях до побудови сильної логістичної системи в Європі, враховуючи воєнний досвід країни, з акцентом на цифровізацію, стратегічні логістичні хаби та міжнародну співпрацю.*

***Ключові слова:** безпека перевезень, воєнний час, транспортна інфраструктура, евакуація населення, вантажні перевезення, критична інфраструктура, гуманітарна допомога, цифровізація логістики, досвід України, воєнний досвід, транспортні конвої, постачання гуманітарної допомоги, мінування доріг, мобільність, міжнародна співпраця, стратегічні хаби, транспортування в умовах війни.*

***Annotation.** Examines the issues of passenger and cargo transportation security in wartime, in particular in Ukraine, where the transport system has become an important element not only of the economy, but also of defense capability and humanitarian resilience. Given the real threats, such as shelling, mining and destruction of infrastructure, ensuring transportation security in wartime becomes critically important. Challenges and practical solutions for passenger and cargo transportation security are separately analyzed: from the organization of routes and evacuation of the population to technical means and psychological support. The experience of Ukraine is also considered, in particular the evacuation of millions of people and the delivery of humanitarian aid to the combat zone. The authors propose a path to building a strong logistics system in Europe, taking into account the country's military experience, with an emphasis on digitalization, strategic logistics hubs and international cooperation.*

Keywords: *transportation security, wartime, transport infrastructure, population evacuation, freight transportation, critical infrastructure, humanitarian aid, digitalization of logistics, experience of Ukraine, military experience, transport convoys, humanitarian aid supply, road mining, mobility, international cooperation, strategic hubs, transportation in wartime.*

У сучасних умовах, коли багато країн, зокрема й Україна, опинилися в ситуації повномасштабної війни, питання безпеки транспорту стає критично важливим. Транспорт – це не лише інфраструктура для пересування, а й життєво важливий елемент економіки, обороноздатності та гуманітарної стійкості. Перевезення пасажирів та вантажів у таких умовах мають здійснюватися з урахуванням реальних загроз: атак із повітря, обстрілів, мінування, порушення логістичних ланцюгів, нестачі пального й техніки. Війна змінює сенси. Якщо раніше транспорт асоціювався з подорожами, відрядженнями чи відпустками, то в умовах повномасштабного вторгнення дорога стала шляхом до порятунку, життя або надзвичайної відповідальності. Кожен автобус, кожен вагон, кожна вантажівка – це частина боротьби. Частина тилу, що тримає фронт.

Почнемо з розуміння, які саме виклики постають перед транспортною системою під час війни. Серед основних загроз виділимо наступні:

- цілеспрямовані удари по транспортній інфраструктурі: дороги, мости, залізничні колії, аеропорти часто стають об'єктами атак, аби порушити логістику та деморалізувати населення;
- небезпека мінування доріг, мостів, узбіч та залізничних колій;
- втрата контролю над окремими територіями та маршрутами;
- системна нестача пального, транспорту, запчастин;
- зростання загрози диверсій, шпигунства або терористичних актів.

Таким чином, будь-яке перевезення – незалежно від того, чи йдеться про людей, продукти, чи військові вантажі – має ретельно плануватися з урахуванням безпекових факторів.

У воєнний час найважливішим пріоритетом стає збереження життя та здоров'я пасажирів. Основними напрямки забезпечення безпеки є:

1. Організація маршрутів.

- Розробляються альтернативні маршрути, які оминають небезпечні зони або області з активними бойовими діями.
- Застосовується тимчасова маршрутизація, яка змінюється щоденно чи щотижнево залежно від оперативної ситуації.

2. Евакуація населення.

- В період активних бойових дій організовується масова евакуація жінок, дітей, літніх людей. Для цього залучаються автобуси, поїзди, іноді – приватний транспорт.

- Перевезення відбуваються під супроводом військових або поліції, іноді із залученням міжнародних гуманітарних організацій.

3. Технічні заходи.

- Встановлюються засоби інформування водіїв та пасажирів про повітряні тривоги.

- Транспортні засоби обладнуються аптечками, раціями, аварійними наборами.

4. Психологічна та інформаційна підтримка.

- Важливо забезпечити психологічний супровід пасажирів під час евакуаційних перевезень, особливо дітей та вразливих категорій.

- Водії проходять інструктаж щодо поведінки у разі атаки або виникнення надзвичайної ситуації.

Пасажирські перевезення під час евакуації – єдиний шанс. У березні 2022 року в одній із залізничних станцій Донеччини чергувала електричка, яка мала вивезти мешканців прифронтового села. Люди стояли з дітьми, торбами, собаками. Обстріл почався раптово. Поїзд рушив раніше за графік, бо зволікати означало втратити життя. У тому рейсі було понад 700 пасажирів. Багато з них навіть не встигли сісти – просто зачепилися на підніжках. Усі вижили. Це не сюжет з фільму. Це – реальність української залізниці в умовах війни. З перших днів Укрзалізниця стала символом порятунку. За першу половину року повномасштабного вторгнення було евакуйовано понад 4 мільйони людей, зокрема з гарячих точок: Ірпня, Бучі, Сєвєродонецька, Маріуполя. Задля безпеки вагони затемнювали, щоб не ставати мішенню; провідників навчали, як діяти під час обстрілу; вводили маршрути «до останньої можливості», навіть якщо поїзд міг не повернутися назад. Це був не просто транспорт – це була надія.

Безпека вантажних перевезень у воєнний час має особливе стратегічне значення, оскільки пов'язана з постачанням: гуманітарної допомоги (їжа, ліки, одяг), паливно-енергетичних ресурсів, військових вантажів, засобів першої необхідності для тилових громад. З метою захисту вантажів і маршрутів: використовуються транспортні конвої для перевезення особливо важливих вантажів, з водіями проводяться інструктажі з безпеки, у тому числі щодо взаємодії з військовими на

блоkpостах; пріоритет надається нічним або позаактивним маршрутам, щоб знизити ризик ударів, встановлюються системи супутникового моніторингу (GPS), щоб відстежувати місцезнаходження та цілісність вантажу, застосовується цифрове планування логістики для швидкого реагування на зміни бойової ситуації.

Вантажні перевезення – це кровообіг війни. Коли ЗСУ звільнили Херсон, одразу виникла проблема: як швидко доставити гуманітарну допомогу. Мости були зруйновані, дороги розбиті, російська армія ще обстрілювала околиці. Волонтери та водії на фурах ризикували життям. Але вже на третій день після звільнення вантажівки з водою, продуктами, генераторами та паливом рушили на південь. Водій Ігор із Кропивницького згадував: *«Ми їхали через поля, неосвітленими стежками, з відключеними фарами. Нас супроводжував БТР. Боялися мін, але ще більше – що люди залишаться без хліба»*. У таких перевезеннях працює не лише логістика, а й серце. Тут немає «запланованих затримок» чи «несприятливих погодних умов». Є тільки «треба доставити».

Як сьогодні забезпечують безпеку. На фоні всіх цих історій, безпека перевезень у воєнний час – це не просто набір правил. Це комплекс рішень, що змінюються щодня, а саме:

- маршрути узгоджуються з військовими та саперами;
- встановлюються блокпости безпеки на шляхах;
- водії проходять інструктаж та отримують індивідуальні аптечки, бронежилети;
- вантажі супроводжуються збройними конвоями;
- залізничні вокзали обладнують укриттями та системами оповіщення.

Крім того, держава співпрацює з міжнародними партнерами – постачає броньовану техніку, організовує гуманітарні коридори, надає логістичну підтримку громадам.

Цифрова підтримка в реальному бою. Війна стимулювала стрімкий розвиток цифрової логістики. Мобільні додатки, чат-боти для координування вантажів, GPS-моніторинг – усе це стало не розкішшю, а необхідністю.

Один із прикладів – волонтерська платформа, що координує доставку медикаментів у зону бойових дій. Водій просто отримує повідомлення: координати, пароль, контакт на точці видачі. Без зайвих слів. Це рятує час, а іноді – життя.

Ключовими викликами безпеки перевезень у воєнний період є такі:

1. постійна загроза обстрілів і мінування. Навіть після звільнення територій ризик залишається: дороги часто заміновані, мости зруйновані;
2. відсутність стабільних маршрутів. Маршрути змінюються через бойові дії. У мирний час планування займало дні, тепер – години або хвилини;
3. нестача водіїв та техніки. Частина персоналу мобілізована, частина транспорту знищена або втрачений контроль над ним;
4. обмежені ресурси: паливо, запчастини, броньовані машини;
5. високий психологічний тиск. Постійна тривожність, ризик втрат, відповідальність за пасажирів і вантаж.

Побудова найсильнішої логістики в Європі для України – це не просто амбіція, а реальна перспектива, враховуючи наш досвід під час війни.

Конкретний план дій, який може лягти в основу як державної стратегії, так і бачення для бізнесу та інвесторів.

1. Використати унікальний воєнний досвід. Україна – чи не єдина країна у Європі, яка в реальних умовах великої війни зуміла:

- евакуювати мільйони людей;
- зберегти залізничну систему під ударами;
- забезпечити безперервне постачання на фронт;
- налагодити волонтерську доставку по всій країні.

Цей досвід має бути інституалізований – закріплений у вигляді стандартів, навчальних програм, інструкцій.

2. Створити стратегічні логістичні хаби.

– Розмістити мультимодальні логістичні центри на перетині основних коридорів (західні області – ближче до ЄС, центральні – для внутрішньої дистрибуції).

– Оснастити хаби автоматизованими складами, терміналами, пунктами переробки.

– Забезпечити інтеграцію із залізницею, автомобільними дорогами, річковими і, в майбутньому авіалініями.

3. Модернізувати інфраструктуру.

– Відбудова мостів, доріг, вокзалів та портів – не просто відновлення, а інноваційна модернізація (розумні дороги, естакади, сенсори, контроль в реальному часі).

- Впровадження цифрових «розумних» доріг: сенсори навантаження, контроль погодних умов, стану покриття, камер спостереження.

- Пріоритет – західний напрямок (Польща, Румунія, Угорщина, Словаччина) як ключ до інтеграції з ЄС.

4. Цифровізація логістики

- Розвиток єдиної платформи «Logistics of Ukraine», що об'єднає державу, бізнес, логістів, перевізників, митницю.

- Використання:

- AI та аналітики для прогнозування вантажопотоків;
- автоматичного бронювання вантажного транспорту;
- блокчейну для документів і перевірок;
- електронного документообігу (e-CMR, e-TTN, e-митниця).

5. Інвестувати в людський капітал.

- Впровадження державної програми підготовки логістів, диспетчерів, водіїв, техніків.

- Навчання за стандартами НАТО та ЄС (після вступу – гармонізація обов'язкова).

- Психологічна та кризова підготовка (з урахуванням досвіду війни).

6. Залучити інвесторів та міжнародних партнерів.

- Презентація логістичної візії на світових форумах (наприклад, Davos, LogiMAT, Transport Logistic).

- Механізми державно-приватного партнерства (ДПП).

- Створення спеціальних економічних зон навколо логістичних центрів із пільгами.

7. Інтеграція в транспортну систему ЄС

- Приєднання до Транс'європейської транспортної мережі (TEN-T).
- Стандартизація ширини колії (перехід до євроколії), сертифікація вагонів і автотранспорту.

- Побудова нових залізничних коридорів Львів–Берлін, Київ–Варшава, Одеса–Клуж тощо.

Що отримає Україна в результаті?

- Логістичне «серце» Європи – між Сходом і Заходом.

- Мільярдні інвестиції у сферу транспорту і складів.

- Потужна мережа доставки «останньої милі» для e-commerce.

- Можливість стати центром відновлення регіону після війни (включно з допомогою для країн на Балканах, Кавказі, Близькому Сході).
- Створення тисяч нових робочих місць.

Війна кардинально трансформувала українську транспортну систему. Те, що раніше здавалося буденністю – перевезення людей і вантажів – стало питанням виживання, стійкості й національної безпеки. Україна довела: навіть у надзвичайно складних умовах можливо організувати ефективну, гнучку і героїчну логістику. Це не лише забезпечення армії та населення, а й фундамент для майбутнього розвитку. Перед галуззю стоїть низка серйозних викликів – від мінованих шляхів і зруйнованих мостів до нестачі кадрів і техніки. Але водночас відкривається унікальне вікно можливостей.

Досвід, здобутий під час війни, вже сьогодні формує нові стандарти – швидкість реагування, цифровізація, інтеграція з військовими структурами, людський героїзм. Україна має всі передумови, щоб після перемоги не просто відновити транспортну галузь, а перетворити її на найсильнішу логістичну систему в Європі – з сучасними хабами, безперебійною доставкою, розумною інфраструктурою та людьми, які знають, що таке відповідальність у найекстремальніших умовах.

Мобільність – це наша сила. І саме дорога, яка сьогодні рятує життя, завтра може стати трасою до економічного зростання та міжнародного визнання.

Список бібліографічних посилань

1. Закон України «Про транспорт». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/232/94-вр>. (дата звернення: 02.06.2025).
2. Стратегія відновлення транспортної інфраструктури України : аналіт. звіт / М-во розвитку громад, територій та інфраструктури України. Київ, 2023. 38 с.
3. Цигульов Ю. М. Безпека транспортної системи в умовах надзвичайних ситуацій : навч. посіб. Київ, 2020. 152 с.
4. Звіт про діяльність АТ «Укрзалізниця» у 2022 році. URL: <https://uz.gov.ua> (дата звернення: 02.06.2025).
5. Безугла Л. Логістика під вогнем: як працюють водії та диспетчери на лінії фронту // Укр. правда. 2023. 15 лют. URL: <https://www.pravda.com.ua> (дата звернення: 02.06.2025).
6. Міністерство оборони України. Інформаційні матеріали щодо воєнної логістики (2022–2024). Київ, 2024. 24 с.
7. European Commission. TEN-T and Ukraine: Integration Roadmap. 2024. URL: <https://transport.ec.europa.eu> (дата звернення: 02.06.2025).

8. Повернись живим. Волонтерська логістика в умовах бойових дій. 2023. URL: <https://savelife.in.ua> (дата звернення: 02.06.2025).

9. European Transport Policy and Ukraine Integration // EU Mobility and Transport Journal. 2023. № 2. С. 15–26.

УДК 656.13:005.722]:364.6"364"

РОЛЬ АВТОТРАНСПОРТУ В ГУМАНІТАРНІЙ ЛОГІСТИЦІ. ГНУЧКІСТЬ І МОБІЛЬНІСТЬ. ГНУЧКЕ УПРАВЛІННЯ МАРШРУТОМ

Шаповалюк Олександр Сергійович,
студент;

Сідак Юлія Сергіївна,
викладачка,

Харківський автомобільно-
дорожній фаховий коледж

***Анотація.** Розглянуто ключову роль автотранспорту в системі гуманітарної логістики, особливо в умовах надзвичайних ситуацій та криз. Акцент зроблено на мобільності, гнучкості та здатності оперативно реагувати на зміни обстановки. Визначено основні функції автотранспорту – доставка гуманітарної допомоги, евакуація постраждалих, транспортування персоналу та забезпечення доступу до важкодоступних регіонів. Особливу увагу приділено гнучкому управлінню маршрутами з використанням сучасних ІТ-технологій, що дозволяє оптимізувати процес логістичного постачання. Автотранспорт підтверджує свою ефективність як основний інструмент швидкого реагування в гуманітарних місіях.*

***Ключові слова:** гуманітарна логістика, мобільність і гнучкість автотранспорту, надзвичайні ситуації, управління маршрутом, доставка допомоги, логістичне забезпечення, евакуація постраждалих, транспортна інфраструктура.*

***Annotation.** Explores the key role of road transport in the humanitarian logistics system, especially in emergency and crisis situations. Particular attention is paid to mobility, flexibility, and the ability to respond quickly to changing conditions. The main functions of road transport are identified, including the delivery of humanitarian aid, evacuation of affected populations, transportation of personnel, and access to hard-to-reach areas. Special emphasis is placed on flexible route management using modern IT technologies, which enables the optimization of the logistics supply process. Road transport proves its effectiveness as a primary tool for rapid response in humanitarian missions.*

Keywords: *humanitarian logistics, mobility and flexibility of motor vehicles, emergencies, route management, aid delivery, logistics support, evacuation of victims, transport infrastructure.*

Роль автотранспорту в гуманітарній логістиці є ключовою, особливо в умовах кризових ситуацій, коли необхідно швидко доставити допомогу постраждалим регіонам. Автотранспорт забезпечує гнучкість, мобільність і можливість гнучкого управління маршрутом, що робить його незамінним засобом у системі гуманітарної логістики.

1. Роль автотранспорту в гуманітарній логістиці

- Доставка гуманітарної допомоги: медикаментів, продуктів, води, засобів першої необхідності в постраждалі райони.
- Евакуація населення з зон бойових дій або стихійних лих.
- Транспортування персоналу: медичних працівників, волонтерів, рятувальників.
- Забезпечення доступу до важкодоступних місць, де інші види транспорту (залізничний, авіаційний) недоступні або неефективні.

2. Гнучкість і мобільність автотранспорту

- Оперативне реагування: автотранспорт може швидко змінити маршрут, об'їхати зруйновані дороги або блокпости.
- Робота в різних умовах: від міських вулиць до сільських або гірських районів.
- Незалежність від інфраструктури: на відміну від залізниці чи авіації, вантажівка чи автобус не потребує складної інфраструктури.

3. Гнучке управління маршрутом

- Динамічне планування: можливість змінити маршрут у реальному часі через загрози, погодні умови чи зміну потреб.
- Оптимізація доставки: врахування пріоритетності вантажу, черговості постачання, змін на дорогах.
- Використання GPS і логістичних ІТ-систем дозволяє контролювати пересування транспорту й оперативно реагувати на зміну ситуації.

Схема логістичної мережі гуманітарної допомоги

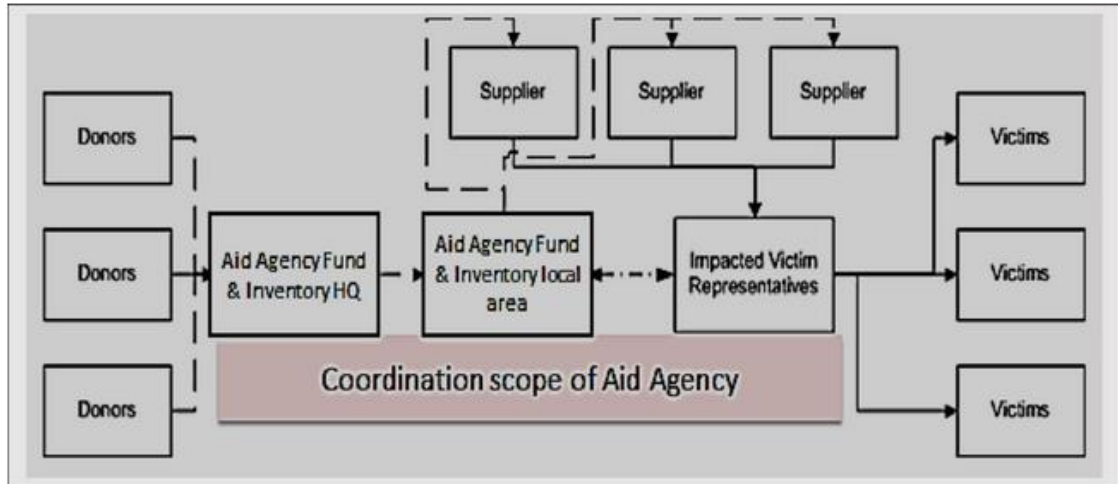


Рис. 1.1. Схема логістичної мережі гуманітарної допомоги

Схема демонструє потік гуманітарної допомоги від донорів до постраждалих через логістичні центри та транспортні засоби. Вона підкреслює важливість автотранспорту в забезпеченні гнучкого та ефективного розподілу ресурсів.

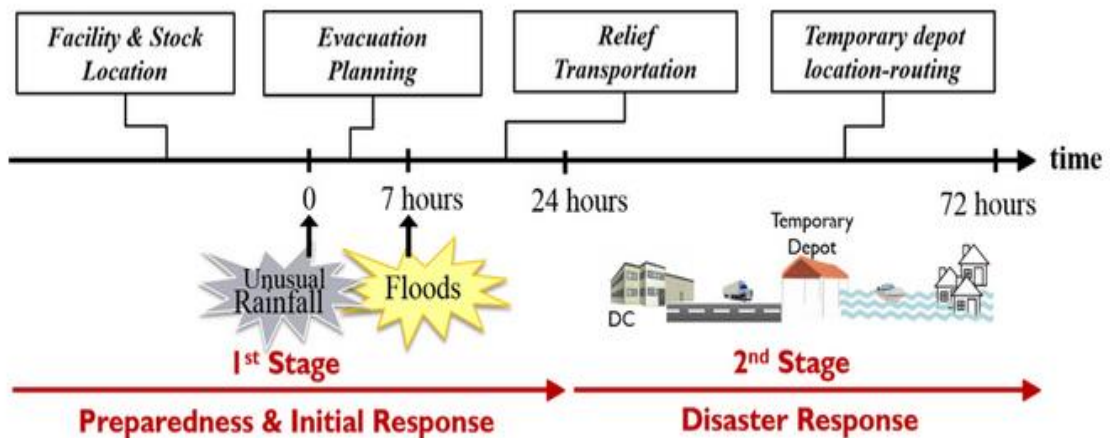


Рис. 1.2. Графік управління гуманітарною логістикою

Ця схема відображає структуру логістики допомоги під час надзвичайних ситуацій, підкреслюючи роль автотранспорту в швидкому реагуванні та доставці необхідних ресурсів до постраждалих регіонів.

Висновок: автотранспорт є основним інструментом гуманітарної логістики завдяки своїй оперативності, доступності, гнучкості та здатності швидко адаптуватися до змін. У ситуаціях, коли від часу залежить життя людей, саме автотранспорт забезпечує найшвидше і найефективніше реагування на потреби.

Використані джерела

1. Ковальчук Ю. В. Гуманітарна логістика в умовах надзвичайних ситуацій. Київ, 2018. 176 с.
2. Ballou R. H. Business Logistics/Supply Chain Management. New Jersey : Pearson Education, 2004. 789 p.
3. Van Wassenhove L. N. Humanitarian aid logistics: supply chain management in high gear // Journal of the Operational Research Society. 2006. Vol. 57, No. 5. P. 475–489.
4. Long D. C., Wood D. F. The logistics of famine relief // Journal of Business Logistics. 1995. Vol. 16, No. 1. P. 213–229.
5. Thomas A. S., Kopczak L. R. From logistics to supply chain management: The path forward in the humanitarian sector. San Francisco : Fritz Institute, 2005. 33 p.

РОЗДІЛ 2. ІННОВАЦІЇ ТА ЦИФРОВІЗАЦІЯ В ТРАНСПОРТНІЙ СФЕРІ

УДК 004.8:159.95]:658.7

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ЛОГІСТИЦІ

Біленко Валентина Іванівна,
викладачка,
Харківський автомобільно-
дорожній фаховий коледж

Анотація. Логістика є складним механізмом, інтегрованим у всі сфери життя та бізнесу. Сучасний розвиток технологій, зокрема штучного інтелекту (ШІ), кардинально змінює процеси в цій сфері, роблячи їх ефективнішими та точнішими. Впровадження ШІ дозволяє оптимізувати маршрути, автоматизувати складські операції, керувати запасами та робити прогнози попиту. Технології допомагають мінімізувати вплив людського фактора, скорочуючи помилки й затримки, що додає бізнесу конкурентних переваг. У результаті логістика стає ключовою ланкою в досягненні високого рівня обслуговування клієнтів та розвитку бізнесу.

Ключові слова: штучний інтелект (ШІ), автоматизація складських операцій, оптимізація маршрутів, управління запасами, прогнозування попиту, мінімізація людського фактору, транспортна логістика.

Annotation. Logistics is a complex mechanism integrated into all areas of life and business. The modern development of technologies, particularly artificial intelligence (AI), is dramatically transforming processes in this field, making them more efficient and accurate. The implementation of AI enables route optimization, automation of warehouse operations, inventory management, and demand forecasting. Technologies help minimize the impact of the human factor, reducing errors and delays, which gives businesses competitive advantages. As a result, logistics becomes a key link in achieving a high level of customer service and business growth.

Keywords: Artificial Intelligence (AI), automation of warehouse operations Logistics, Automation, Route Optimization, Inventory Management, Warehousing, Demand Forecasting, Minimization of Human Factor, Transport Logistics.

Логістика – це не лише доставка товарів. Це весь механізм, який безпосередньо впливає на кожен аспект нашого життя: від того, як швидко ви отримуєте товар, до того, наскільки ефективно працюють компанії, які

забезпечують цей процес. Розглянемо ситуацію: ваше онлайн-замовлення проходить сотні етапів. Від складу до автомобіля, від перевірки запасів до відстеження маршруту. І ось-ось! Все це працює без помилок і з неймовірною швидкістю. Як? Відповідь проста – штучний інтелект (ШІ).

ШІ часто асоціюється з роботами з футуристичних фільмів, які або намагаються підкорити світ, або врятувати людство. Але насправді все набагато простіше і корисніше. ШІ давно перестав бути технологією майбутнього, ставши невід’ємною частиною нашого сьогодення, і логістика не стала винятком.

Колись ми зробили ставку на людський фактор: запізнілі поставки, забуті деталі – все це було частиною реальності. Але зараз ці проблеми залишилися в минулому. ШІ прогнозує попит, вибирає оптимальні маршрути та виправляє помилки до того, як вони стануть проблемами. Уявіть, що більше ніяких затримок, втрат або непотрібних витрат – тільки точність і ефективність.

Тепер давайте подивимось, як цей «розумний» інструмент змінює логістику. Прогнозування попиту, вибір найкращих маршрутів, автоматизація складських операцій — усе це штучний інтелект робить набагато краще, ніж люди. І питання зараз не в тому, чи впроваджувати ці технології через якісь етичні норми, а в тому, коли це робити, щоб не залишитися позаду. Готові дізнатися, як ШІ змінює гру? Тоді ходімо!

Ваш бізнес – це складний механізм, де кожен етап доставки може бути потенційною точкою помилки. Від складу до клієнта кожен крок має значення. Хтось може забути товар, хтось затримає відправлення, а хтось взагалі не подбає про доставку. І тоді на допомогу приходить система управління на основі ШІ. Цей мудрий помічник не тільки виявляє помилки, але й передбачає їх ще до появи на горизонті.

Штучний інтелект – ваш особистий менеджер, який не тільки стежить за процесами, але й знаходить слабкі місця та вирішує їх до того, як вони завдадуть шкоди. Пам’ятаєте часи, коли логістика залежала лише від людської інтуїції та досвіду? Сьогодні ШІ враховує всі фактори: від погодних умов до заторів. Це вже не просто техніка – це справжнє диво!

І тут відбувається вся магія: ШІ реагує на зміни та постійно навчається. Щодня він помічає закономірності, які ми не можемо розпізнати. Якщо маршрут часто стає «полем бою» через затори, ШІ врахує це, а також запропонує альтернативу. З кожним разом він стає розумнішим, підлаштовуючись під нові дані. І ось найголовніше: це ваш стратегічний партнер у світі доставки!

Ще одним великим плюсом є мінімізація людського фактору. Ми всі знаємо, як стрес може вплинути на наші рішення. Але ШІ не знає втоми і не піддається впливу емоцій. Він завжди робить найкращий вибір, навіть коли обставини різко змінюються.

«Штучний інтелект змінює правила логістичної гри, зменшуючи вплив людського фактору на критичні процеси». – Джефф Безос, засновник Amazon.

І це ще не кінець. Якщо ви чули про автономні вантажівки чи інтелектуальні транспортні системи, ви вже знаєте, що це не фантастика. Це реальність, яку втілюють найсучасніші логістичні компанії. ШІ працює в парі з такими системами, забезпечуючи бездоганну точність і ефективність доставки товарів. Хочете бути попереду своїх конкурентів? Тоді настав час інтегрувати ШІ у вашу логістику. Це допоможе вам вистояти в жорсткій конкуренції, а також стати лідером галузі.

Ви власник великої компанії доставки. На вашому складі справжній хаос: ящики, вантажі, піддони в очікуванні відправки і купа розрахунків на папері, щоб нічого не забути. І ось з'являється ваш новий помічник – штучний інтелект, який може робити все швидко і з неймовірною точністю. Це не фантастика, а реальність, яка вже змінює картину на складах. ШІ автоматично розрахує оптимальний план для кожного продукту з урахуванням усіх можливих факторів. Чому? Бо навіть найкращий склад може «захлинутися». Кожна хвилина на рахунку, і важливо мати систему, яка завжди на крок попереду.

Отже, припустимо, вам потрібно перевезти 200 різних товарів. І кожен з них – маленька загадка: тендітна, важлива для оточуючих, або потребує особливих умов зберігання. Це справжня головоломка для людського мозку, але для ШІ. Ще одне завдання. Замість того, щоб ламати голову, система радісно організовує все, забезпечуючи найкращі варіанти пакування та транспортування, щоб кожен продукт дістався місця призначення неушкоджено.

Використання автоматизованих систем прогнозування та складування знижує рівень помилок на 70%. (Джерело: Accenture).

Але ось де штучний інтелект справді вражає: він не лише добре організовує продукти, але й «відчуває» попит. Маючи доступ до всіх даних, система може передбачити, де і коли ці товари будуть найбільш популярними, і автоматично коригувати їх запаси в режимі реального часу. Тобто вам не потрібно стежити за запасами – ШІ все зробить сам. Просто неймовірно!

Завдяки ІІІ ви позбудетеся старого болю – людських помилок. Хто не забув, де залишив коробку, або пропустив товар зі знижкою? Для ІІІ це не проблема – він все «бачить», а головне – виправляє будь-які помилки без втручання людини. З таким помічником ваш склад із місця хаосу перетворюється на ефективну машину, де кожен продукт знаходиться на своєму місці, готовий до відправлення в найкоротші терміни. ІІІ – ваш ключ до бездоганної логістики.

Ось інший випадок: ви логіст, і у вас є десятки вантажівок, які возять вантажі по місту. Затори, аварії, ремонтні роботи – все це ще більше ускладнює ваше завдання. І тут на допомогу приходить ІІІ. Він прокладає маршрути і миттєво адаптує їх до ситуації на дорозі, враховуючи всі непередбачувані фактори, від погодних умов до аварій.

– Ваші водії отримують оновлення в режимі реального часу про ситуацію на дорогах і можуть миттєво отримати альтернативний маршрут, якщо на їхньому шляху виникне затор. І все це без додаткових дзвінків і листування – ІІІ все зробить за вас.

– Але найцікавіше – здатність ІІІ передбачати затори. Це як мати власного «розвідника» на кожному перехресті, який попереджає про те, де і коли може статися затор. В результаті ваші водії не стоять у чергах, а доставляють вантаж швидко та без затримок.

– І ось ще один бонус: оптимізуючи маршрути, ІІІ допомагає зменшити витрати на паливо. Ваші вантажівки можуть використовувати на 10–15% менше пального. Це як заощаджувати гроші без зайвих зусиль, і коли ці гроші починають накопичуватися, ви розумієте, що ІІІ не тільки покращує логістику, але й значно підвищує вашу прибутковість.

Тож, якщо ви думаєте, що ваші водії все одно знайдуть найкращий маршрут, ви помиляєтеся. Вони можуть знати місто, але ІІІ обробляє інформацію в рази швидше, прогнозує і вибирає оптимальний шлях. І ось як це працює на практиці: ваші вантажівки не зупиняються в заторах, ваші водії не витрачають час на об'їзди, а ви не переживаєте, що запізнитесь на важливі доставки. ІІІ – ваш найкращий помічник для швидкої та безпомилкової доставки.

Розглянемо приклад: у вас є великий склад, де зберігаються тонни товарів. І потрібно організувати все так, щоб жоден продукт не загубився, і кожен був саме там, де повинен бути, в потрібний час. Ось тут на допомогу приходить штучний інтелект.

1. Замість того, щоб вручну підраховувати запаси, що залишилися, ІІІ працює в режимі реального часу, аналізуючи запаси та попит. Це не

тільки оптимізує простір, але й усуває помилки. Технологія здатна передбачити, коли товар закінчиться, і автоматично розміщувати замовлення постачальникам без вашої участі. Як зручно!

2. А ось і прогнозування попиту. ШІ використовує історичні дані та сезонні тенденції, щоб точно вгадати, які продукти будуть популярні в найближчі місяці. Забудьте про ситуації, коли товар закінчився, а ви тільки подумуєте, що замовити. ШІ все прорахує і зведе ризик дефіциту до нуля.

3. Але це ще не все. Розглядайте склад як величезну шахівницю, де кожен продукт є фігурою, яку потрібно розташувати так, щоб усе працювало максимально ефективно. ШІ не тільки передбачає, скільки продукту потрібно зберігати, але й організовує це так, щоб найпопулярніші продукти були на передньому плані. З урахуванням об'єму, ваги і навіть часу доступу до товару. Таким чином, у вас є ціла команда менеджерів складу, які не втомлюються і працюють 24/7!

Завдяки таким можливостям ваш склад стає практично автономним. І ви отримуєте перевагу не тільки в точності управління запасами, але і в швидкості обробки замовлення. Ваші співробітники витрачають менше часу на пошук продуктів і більше часу на більш важливі завдання: обробку запитів клієнтів і доставку.

Компанії, які використовують алгоритми ШІ для прогнозування попиту, підвищують точність планування на 85%. (Джерело: Gartner). А ще – заощадження. Якщо товар не користується популярністю, він не займає зайве місце на складі. А якщо з'являться нестабільні запаси, ШІ вирішить проблему самостійно, не бігаючи між постачальниками.

Тому, друзі, якщо ви хочете, щоб ваш склад працював як злагоджена машина, пора впроваджувати технології. Штучний інтелект – це модна річ, і водночас справжній помічник, який дозволяє зменшити витрати та підвищити ефективність вашого бізнесу. Ви власник компанії, що доставляє вантажі, або керуєте мережею складів і транспорту, і щодня перед вами постає безліч завдань: як зробити так, щоб кур'єри не витрачали зайві гроші на бензин, як забезпечити безперебійну роботу вантажівок і доставляти все вчасно. І тут на допомогу приходить те, про що ми всі давно чули, але не зовсім розуміємо – штучний інтелект.

Як ШІ може зробити вашу логістику недефективною? Давайте розберемося! Хто з нас не стикався з ситуацією, коли вантажівка застрягла в заторі, клієнт не отримав товар вчасно, а ви стали посередником між знервованими клієнтами і кур'єрами? ШІ позбавляє вас від цих головних болів. Він аналізує погоду, дорожні умови та інші фактори, обираючи

оптимальний маршрут. І це не просто теорія! Так, система попереджає: «Тепер краще їхати через центр, заощадите 10 хвилин, і не потрапите в затор». ШІ здатний адаптувати маршрути в реальному часі, мінімізуючи затримки та скорочуючи час доставки.

Згідно з дослідженням McKinsey, компанії, які впровадили штучний інтелект у логістику, знижують операційні витрати до 15% і скорочують час доставки на 20%.

Не любите сюрпризів, коли йдеться про поломки транспорту? Ситуація: ви плануєте доставку, і раптом одна з вантажівок «здається». Невеликі затримки можуть обернутися великими проблемами. Тут вам на допомогу приходить ШІ – він прогнозує поломки, враховуючи історію обслуговування, пробіг і технічний стан машин. Ви завжди знаєте, коли потрібне технічне обслуговування, а якщо вантажівка збирається «зламатися», ви дізнаєтеся про це заздалегідь. Менше стресу, менше витрат!

Великий автопарк – це одночасно й можливість, і головний біль. Як не втратити контроль? ШІ стежить за станом кожного транспортного засобу в режимі реального часу, сповіщає вас про необхідність технічного обслуговування та навіть надає інформацію про витрату палива. Володіючи цією інформацією, можна зменшити витрати та забезпечити безперебійну роботу транспорту. Якщо маршрутів багато, система розподіляє вантаж так, щоб кожна вантажівка працювала на максимумі.

Сьогодні клієнти хочуть бути впевненими, що їхні товари прибудуть вчасно. AI дозволяє контролювати доставку на кожному етапі в режимі реального часу. Ви бачите, де знаходиться вантаж, і якщо щось піде не так, ви отримуєте повідомлення про затримку. І що найкраще – ви миттєво повідомляєте клієнтів про зміни. Всі задоволені: і ви, і ваші клієнти, і ваша репутація.

Про те, що людський фактор може зруйнувати навіть найкращий план, уже згадувалося вище. Забули перевірити дорожню обстановку або змінили доставку в останній момент – ось проблема. ШІ цілодобово аналізує ситуацію, коригує рішення і працює без збоїв. Вам не потрібно хвилюватися про помилки співробітників – система зробить все якісно і швидко.

«Логістика без ШІ – це як авіація без автопілота: можливо, але неймовірно складно». – Карл Бенедикт Фрей, професор Оксфордського університету.

Результатом є перевага в управлінні, а також справжній спокій і мінімізація всіх логістичних проблем.

Люди, які хочуть трансформувати свою логістику, можуть використовувати штучний інтелект як потужний інструмент. Отже, уявіть, що у вас у кишені є суперкомп'ютер, який оптимізує маршрути, прогнозує збої транспорту та допомагає мінімізувати людські помилки. А це призводить до значного покращення обслуговування клієнтів та економії часу.

Настав час включити штучний інтелект у логістику, якщо ваша компанія прагне розвиватися, скорочувати витрати та автоматизувати процеси. Поки ви ще сумніваєтеся, ваші конкуренти вже змінюють правила гри. Крім того, це не просто сміливий крок, це розумний крок, який має вирішальне значення для майбутнього успіху. Не гайте часу! Зробіть свою логістику настільки ефективною, що ваші конкуренти позеленіють від заздрості, а ваш бізнес стане справжнім лідером у галузі.

Використані джерела

1. Pavaloiu A. The impact of artificial intelligence on global trends // Journal of Multidisciplinary Developments. 2016. Vol. 1, No. 1. P. 21–37.
2. Mou X. Artificial intelligence: investment trends and selected industry uses // EM Compass Note 71 IFC. Sept. 2019. P. 1–8.
3. Hiter S. Key artificial intelligence (AI) trends 2022 // Datamation. Oct. 2021.

УДК 338.47:629.3.083.7:004.056](477)

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ КІБЕРБЕЗПЕКИ ТА ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ

Кохан Ігор Ростиславович,
викладач,
Харківський автомобільно-
дорожній фаховий коледж

***Анотація:** досліджено проблему кібербезпеки транспортної інфраструктури України в умовах збройної агресії та перспективи її розвитку у післявоєнний період. Окреслено основні загрози, пов'язані зі зростанням кібератак на критичні об'єкти транспортної галузі, та проаналізовано поточні виклики – застаріле програмне*

забезпечення, нестачу фахівців і слабку цифрову стійкість. Запропоновано комплексну концепцію інтелектуальної системи управління інфраструктурою, що базується на інтеграції технологій штучного інтелекту, Інтернету речей (IoT) та кіберзахисту. Система передбачає автоматизований моніторинг, прогнозування транспортних потоків, захист даних і оперативне реагування на кіберзагрози. Обґрунтовано ефективність впровадження таких рішень на національному рівні, зокрема в прикордонних регіонах, що мають стратегічне значення для логістики та безпеки держави.

Ключові слова: кібербезпека, транспортна інфраструктура, критична інфраструктура, штучний інтелект, Інтернет речей, інформаційна безпека, післявоєнне відновлення, цифрова стійкість, моніторинг кіберзагроз, логістичне забезпечення.

Annotation. Examines the problem of cybersecurity of Ukraine's transport infrastructure in the context of armed aggression and the prospects for its development in the post-war period. The main threats associated with the growth of cyberattacks on critical objects of the transport industry are outlined, and current challenges are analyzed-outdated software, shortage of specialists and weak digital resilience. A comprehensive concept of an intelligent infrastructure management system is proposed, based on the integration of artificial intelligence, Internet of Things (IoT) and cyber defense technologies. The system provides for automated monitoring, forecasting of transport flows, data protection and prompt response to cyber threats. The effectiveness of implementing such solutions at the national level, in particular in border regions that are of strategic importance for logistics and state security, is substantiated.

Keywords: cybersecurity, transport infrastructure, critical infrastructure, artificial intelligence, Internet of Things, information security, post-war recovery, digital resilience, cyber threat monitoring, logistical support.

З початком повномасштабної агресії проти України транспортна інфраструктура стала не лише об'єктом фізичних атак, але й мішенню масштабних кіберзагроз. У сучасних умовах транспортна галузь є критично важливою не лише для логістичного забезпечення армії, але й для гуманітарного постачання, евакуації населення та стабільного функціонування економіки.

Основними викликами кібербезпеки на сьогодні є зростання кількості кібератак. Російські хакерські угруповання регулярно атакують транспортні вузли, системи керування рухом, електронні квиткові сервіси та мережі залізничного транспорту. Низький рівень цифрової стійкості, а саме частина об'єктів транспортної інфраструктури України залишалась недостатньо захищеною, особливо в частині старого програмного забезпечення та відсутності резервного копіювання даних. Недостатність кадрів і технологій від хронічного браку спеціалістів із кіберзахисту в

транспортній сфері ускладнює швидке реагування на загрози та відновлення після атак.

Перспективи розвитку у післявоєнний період

1. Модернізація інфраструктури з урахуванням кібербезпеки. Всі нові транспортні проекти мають проектуватися з урахуванням найкращих практик у галузі інформаційної безпеки.

2. Інтеграція з європейською кібербезпековою політикою. У рамках євроінтеграції Україна має можливість адаптувати та впровадити стандарти ЄС у транспортній галузі, що значно посилить цифрову стійкість.

3. Розвиток людського капіталу. Інвестиції в освіту та підготовку ІТ-фахівців для транспортної сфери дозволять підвищити оперативну здатність до реагування на кіберінциденти.

4. Створення національної системи кіберзахисту критичної інфраструктури. Має бути створено централізовану платформу моніторингу та управління ризиками, що охоплюватиме всі ключові транспортні об'єкти.

Приклади майбутніх рішень у сфері кібербезпеки транспортної інфраструктури

1. Системи виявлення вторгнень (IDS/IPS) на залізниці та в метро.
 - Інтеграція рішень для аналізу трафіку та виявлення підозрілої активності в мережах, що керують рухом поїздів.
 - Можливість автоматичного блокування небезпечних запитів.
2. Шифрування даних на транспортних об'єктах.
 - Запровадження сучасних протоколів шифрування для систем електронних квитків, логістичних платформ та диспетчерських служб.
3. Резервне копіювання критичних систем.
 - Створення хмарних і локальних резервів для систем, що забезпечують управління рухом, з можливістю швидкого відновлення після кібератаки.
4. Центри моніторингу кіберзагроз у галузі транспорту.
 - Відкриття спеціалізованих SOC (Security Operation Center) для постійного нагляду за транспортними мережами на національному рівні.
5. Впровадження технології блокчейн для логістики.
 - Безпечне й прозоре відстеження переміщення вантажів, що зменшить ризики підміни або саботажу даних.

6. Мобільні додатки з багаторівневою автентифікацією.
 - Розробка безпечних платформ для водіїв, пасажирів та службових осіб, з двофакторною або біометричною автентифікацією.
7. Симуляційні навчання з реагування на кіберінциденти.
 - Проведення регулярних навчань для персоналу: як діяти в разі зламу, втрати даних або саботажу системи.
8. Співпраця з міжнародними партнерами.
 - Використання досвіду НАТО, ЄС та США у впровадженні стандартів NIST та ISO/IEC 27001 в українських умовах.
9. Безпечні «розумні» світлофори та транспортні вузли.
 - Створення систем Smart Traffic із захищеним зв'язком між об'єктами (V2X), з урахуванням стійкості до атак типу DDoS.
10. Захищені супутникові системи для навігації і контролю.
 - Інтеграція з альтернативними до GPS супутниковими системами (Galileo, BeiDou), із захистом сигналу від підробки (spoofing).

На основі сучасних цифрових технологій – штучного інтелекту, Інтернету речей та супутникового моніторингу – запропоновано модель, що забезпечує ефективне управління транспортними потоками, зниження кіберризиків та підвищення безпеки інфраструктурних об'єктів. Обґрунтовано перспективи впровадження цієї системи на національному рівні.

У дослідженні використано системний підхід, машинне навчання для моделювання транспортних потоків, аналіз відкритих даних (Open Data), а також геоінформаційні системи (GIS) для просторового аналізу інфраструктурних об'єктів. Розроблено архітектуру системи, яка включає такі модулі: IoT-моніторинг (сенсори на мостах, дорогах, вокзалах) для збору технічних параметрів; аналітичний центр на базі AI (прогнозування трафіку, ідентифікація перевантажень, оптимізація маршрутів, кіберзахисний модуль (виявлення вторгнень, шифрування даних, управління доступом); інтеграційна (синхронізація з митними, залізничними та логістичними службами). Система передбачає автоматичне реагування на позаштатні ситуації, побудову сценаріїв та адаптивне планування руху. У порівнянні з традиційними методами управління, нова система забезпечує: підвищення швидкості реагування на аварійні ситуації, скорочення часу перебування вантажів у дорозі, зниження експлуатаційних витрат, зміцнення кіберстійкості

транспортної інфраструктури. Особливо актуальним є запровадження цієї системи у прикордонних регіонах, які відіграють ключову роль у зовнішньоторговельній логістиці України. Запропонована інтелектуальна система здатна стати основою цифрової трансформації транспортної галузі України. Її впровадження дозволить забезпечити ефективне управління ресурсами, покращити безпеку та стійкість критичної інфраструктури, а також сприятиме економічному зростанню в післявоєнний період.

Кібербезпека транспортної інфраструктури – не просто технічне питання, а один із фундаментів національної безпеки. В умовах війни та майбутнього відновлення важливо інтегрувати цифрову безпеку у всі етапи розвитку транспортної системи. Це дозволить Україні не лише захистити критичні об'єкти, але й стати прикладом для інших країн, які перебувають у стані гібридної загрози.

Використані джерела

1. Ковальчук І. О., Павленко І. М. Кібербезпека критичної інфраструктури: теорія та практика. Київ, 2020. 320 с.
2. Назаренко А. В., Коваленко С. Ю. Штучний інтелект у транспортних системах: сучасні тенденції та виклики. Харків, 2022. 240 с.
3. Жданова Т. І. Моніторинг транспортної інфраструктури та логістичні стратегії в умовах кіберзагроз. Київ, 2023. 260 с.
4. Деркач О. В., Кравчук І. Б. Післявоєнне відновлення критичної інфраструктури України: перспективи та стратегії. Дніпро, 2022. 300 с.
5. Яценко М. І. Цифрові технології та їх вплив на розвиток логістики в Україні. Київ, 2021. 220 с.

УДК 330.341.1:656.2:656.072](477)

**ІННОВАЦІЙНІ НАПРЯМИ ПОДОЛАННЯ ВИКЛИКІВ
У СФЕРІ УПРАВЛІННЯ ЗАЛІЗНИЧНОЮ ГАЛУЗЗЮ
У СЕГМЕНТІ ПАСАЖИРСЬКИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

Семенцова Олена Володимирівна,
доцентка;
Челядінова Наталя Геннадіївна,
доцентка,
Український державний університет
залізничного транспорту

***Анотація.** Досліджено актуальні проблеми управління пасажирськими залізничними перевезеннями в умовах сучасних викликів, зокрема впливу військового стану та необхідності повоєнного відновлення. Обґрунтовується важливість інноваційних рішень для забезпечення стійкого розвитку галузі, з акцентом на цифровізацію, енергоефективність та інтеграцію в європейські транспортні мережі. Аналізуються ключові напрями трансформації сегментів приміських, місцевих і дальніх перевезень, зокрема впровадження інтелектуальних систем управління, інноваційних техніко-технологічних рішень та адаптивних логістичних рішень. Підкреслюється практична значимість запропонованих підходів для підвищення ефективності, екологічної стійкості та конкурентоспроможності залізничного транспорту.*

Матеріали дослідження мають наукову цінність для розробки стратегій модернізації галузі та можуть бути використані для подальших вивчень транспортних систем.

***Ключові слова:** пасажирські залізничні перевезення, інноваційні рішення, сталий розвиток, цифровізація операційних процесів, енергоефективність, управління транспортом, військовий стан, повоєнне відновлення, інтелектуальні транспортні системи.*

***Annotation.** The study examines current challenges in managing passenger rail transportation under modern conditions, particularly the impact of martial law and post-war recovery needs. It substantiates the importance of innovative solutions for ensuring sustainable industry development, with a focus on digitalization, energy efficiency, and integration into European transport networks. Key transformation directions for suburban, regional, and long-distance segments are analyzed, including implementation of intelligent control systems, innovative technical-technological solutions, and adaptive logistics approaches. The practical significance of proposed methods for enhancing efficiency, environmental sustainability, and competitiveness of rail transport is emphasized.*

The article's materials hold scientific value for developing industry modernization strategies and may be utilized for further research in transportation systems.

Keywords: *passenger rail transportation, innovative solutions, sustainable development, digitalization of operational processes, energy efficiency, transport management, martial law, post-war recovery, intelligent transport systems.*

Сучасна система управління залізничною галуззю в сегменті пасажирських перевезень стикається з низкою системних викликів, зумовлених як глобальними трендами транспортної індустрії, так і специфікою воєнного стану та повоєнного відновлення в Україні. Визначення пріоритетних напрямів інноваційного розвитку в цьому контексті набуває особливої актуальності через необхідність одночасної оптимізації операційної ефективності, підвищення конкурентоспроможності та забезпечення екологічної стійкості транспорту.

Науковий інтерес до цієї проблематики обумовлений тим, що традиційні підходи до управління залізничною інфраструктурою та рухомим складом вже не відповідають вимогам динамічного транспортного ринку. Зростання конкуренції з боку автомобільного транспорту, посилення вимог до енергоефективності та зниження шкідливих викидів, а також необхідність адаптації до воєнних умов вимагають системного переосмислення стратегій розвитку галузі.

Практична значимість інноваційних рішень полягає в їх потенціалі забезпечити трансформацію пасажирських перевезень у напрямку більшої гнучкості, надійності та економічної доцільності. Впровадження цифрових технологій, таких як штучний інтелект для прогнозування пасажиропотоків або IoT для моніторингу стану інфраструктури, дозволяє підвищити якість управлінських рішень на основі даних. Перспективи використання альтернативних джерел енергії відкривають можливості зменшення вуглецевого сліду та довгостроковій економії ресурсів.

Крім того, інтеграція залізничного транспорту в мультимодальні логістичні системи є ключовим фактором підвищення його ролі у забезпеченні мобільності населення, особливо в умовах відновлення економіки та інтеграції України в європейський транспортний простір. Впровадження інноваційних підходів до управління дозволить не лише подолати поточні операційні труднощі, але й закласти основи для створення стійкої, адаптивної та конкурентоздатної транспортної системи.

Таким чином, наукове обґрунтування напрямів інноваційного розвитку пасажирських залізничних перевезень має важливе значення для формування стратегій, спрямованих на забезпечення довгострокової

стійкості галузі в умовах сучасних викликів. Це дозволить не тільки підвищити ефективність використання ресурсів, але й забезпечити соціально-економічний вплив через покращення транспортної доступності та якості послуг для пасажирів.

Управління пасажирськими залізничними перевезеннями стикається із низкою системних проблем, що обумовлені технологічною застарілістю, неефективністю операційних процесів та зростаючою конкуренцією з іншими видами транспорту. Однією з ключових проблем є недостатність інвестицій у модернізацію інфраструктури, що призводить до низької пропускної спроможності та зниження якості послуг.

Іншим критичним аспектом є енергоефективність та екологічна стійкість, оскільки традиційні системи тяги на основі дизельного палива або неефективних електромереж суттєво підвищують операційні витрати та вуглецевий слід. Також актуальними залишаються проблеми цифровізації, зокрема відсутність інтегрованих систем управління рухом, автоматизації продажу квитків та аналітики пасажиропотоків.

Сучасні тенденції спрямовані на інтеграцію передових технологій, таких, як використання штучного інтелекту для оптимізації маршрутів та динамічного ціноутворення. Впровадження систем продуктивного аналізу дозволяє запобігати технічним відмовам та підвищувати надійність рухомого складу.

Важливим напрямом є перехід до відновлюваних джерел енергії, зокрема впровадження гібридних та водневих потягів, що зменшать вплив на навколишнє середовище. Крім того, розвиток інтелектуальних транспортних систем (ITS) забезпечує інтеграцію залізничного транспорту в мультимодальні ланцюги перевезень, підвищуючи його конкурентоспроможність.

Цифрова трансформація також включає розгортання IoT-сенсорів для моніторингу стану інфраструктури та застосування блокчейн-технологій для прозорості логістичних операцій. Усе це сприяє створенню адаптивної та стійкої системи пасажирських перевезень, здатної відповідати викликам сучасного транспортного ринку.

Сучасні умови збройного конфлікту обумовлюють наявність ряду викликів у системі управління пасажирськими залізничними перевезеннями. Ці виклики є суттєвими та збережуть свій вплив і в поствоєнне відновлення економіки України. Розглянемо їх за видами сполучень.

Приміський залізничний транспорт стикається із критичним зношенням рухомого складу та недостатньою пропускнуою спроможністю інфраструктури, що ускладнює його функціонування під час масових переміщень населення, пов'язаних із війною. Основним викликом є нестабільність графіків руху через часті ушкодження електропостачання та колій. Також гострою залишається проблема кібербезпеки систем управління, оскільки дистанційний контроль залізничної інфраструктури стає об'єктом атак.

Місцеві сполучення, які забезпечують зв'язок між обласними центрами та районами, страждають від неефективного використання ресурсів через фрагментованість маршрутів та низьку завантаженість. В умовах обмеженого фінансування під час війни особливо важливим стає оптимізація витрат, проте, традиційні методи планування не враховують динамічні зміни пасажиропотоків, пов'язані з міграцією населення. Крім того, відсутність сучасних систем придбання електронних квитків, що дозволяють автоматизовано коригувати вартість квитків залежно від попиту та інтегруючись з іншими системами, забезпечують зв'язок з платіжними сервісами, транспортними мережами (наприклад, мультимодальні квитки) тощо, ускладнює контроль доходів та логістику для пасажирів.

Далекі маршрути, включаючи міжнародні сполучення, потребують відновлення після руйнувань інфраструктури та зниження довіри пасажирів через нестабільність руху. Основні проблеми полягають у відсутності інтегрованих систем безпеки, зокрема захисту від диверсій, а також у необхідності адаптації до європейських стандартів інтермодальних перевезень. Додатковим викликом є висока енергоємність далеких перевезень, що потребує переходу на альтернативні види палива та модернізації тягового складу.

Для подолання цих викликів необхідно впроваджувати такі адаптивні технології:

- AI-оптимізація маршрутів з урахуванням воєнних обмежень та міграційних потоків;
- модульні енергоефективні потяги, здатні працювати в умовах обривів електропостачання;
- цифрові платформи квиткування з інтеграцією мультимодальних маршрутів;
- розгортання IoT-систем моніторингу для запобігання аваріям та диверсіям.

В умовах обмежених ресурсів пріоритетом має стати швидка модернізація критичної інфраструктури з урахуванням принципів «розумного» відновлення, що передбачає інтеграцію з європейськими транспортними коридорами.

У сфері приміських перевезень основним напрямом інновацій є впровадження інтелектуальних систем управління рухом, що дозволить динамічно адаптувати графіки до змін пасажиропотоків, зумовлених міграційними процесами. Використання енергоефективного рухомого складу, зокрема акумуляторних та гібридних поїздів, буде сприяти зниженню експлуатаційних витрат і залежності від централізованого електропостачання. Інтеграція платформ мультимодальної мобільності дозволить оптимізувати логістику «останньої милі», забезпечуючи зв'язок із іншими видами транспорту.

Для місцевих сполучень ключовим аспектом сталого розвитку є цифрова трансформація систем квитування та управління пасажиропотоками на основі даних. Впровадження продуктивної аналітики дозволить точніше прогнозувати попит і коригувати частоту руху поїздів, зменшуючи економічні втрати від недоутилізації ресурсів. Модернізація рухомого складу з використанням легких композитних матеріалів і покращених аеродинамічних характеристик сприятиме зниженню енергоспоживання. Крім того, розвиток інтегрованих логістичних рішень, таких, як синхронізація з автобусними маршрутами, підвищить доступність послуг у малозабезпечених регіонах.

У далеких перевезеннях пріоритетом є перехід до низьковуглецевих технологій, зокрема впровадження потягів на водневому паливі та електропоїздів із можливістю рекуперації енергії. Оптимізація маршрутів за допомогою штучного інтелекту дозволить мінімізувати час у дорозі, враховуючи пошкодження інфраструктури та обмеження військового часу. Розвиток інтермодальних вузлів із інтеграцією у європейські транспортні коридори забезпечить безперервність ланцюгів поставок. Також важливим є впровадження систем кібербезпеки для захисту критичної інфраструктури від зовнішніх загроз.

Таким чином, сучасні інноваційні рішення в пасажирських залізничних перевезеннях спрямовані на підвищення енергоефективності, цифровізацію операційних процесів та інтеграцію у глобальні транспортні системи. Реалізація цих підходів дозволить забезпечити сталий розвиток галузі в умовах поточної кризи та майбутнього відновлення.

РОЗДІЛ 3. ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ ТА ПРОЄКТУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

УДК 656.223.2:629.4.027.2](477)

ІННОВАЦІЇ У РОЗРОБЦІ ВАГОНІВ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ МАСОВИХ ВАНТАЖІВ: СТРАТЕГІЧНІ ОРІЄНТИРИ ДЛЯ УКРАЇНИ

Кудряшов Дмитро Вікторович,
аспірант, Український державний
університет залізничного транспорту;
Кудряшова Наталія Сергіївна,
АТ «Укрзалізниця»

Анотація. Проаналізовано інноваційні підходи до проєктування та модернізації вантажних вагонів, призначених для перевезення масових вантажів. Розглянуто приклади впровадження інновацій у сфері вагонобудування, зокрема застосування алюмінієвих сплавів, модульних платформ, самохідних вантажних вагонів з лінійним двигуном, цифрових систем моніторингу технічного стану та трекінгу на основі IoT-технологій. Акцентовано на потенціалі впровадження таких інновацій у вітчизняну транспортну інфраструктуру з метою підвищення ефективності логістики, енергоефективності та екологічності перевезень, а також зменшення експлуатаційних витрат та покращення безпеки транспортних операцій.

Ключові слова: автоматизація залізничного транспорту, алюмінієвий вантажний вагон, енергоефективність, інноваційний вагон, масові вантажі, платформа, «розумні» рамки, самохідні вантажні вагони, технологія Інтернету речей, цифрові системи моніторингу.

Annotation. Analyzes innovate approaches to the design and modernization of the freight wagons used for transporting bulk cargoes. It examines examples of innovation implementation in the field of railcar engineering, in particular the use of aluminum alloys, modular platforms, self-propelled freight wagons with linear motors, as well as digital systems for technical condition monitoring, and IoT-based tracking technologies. The emphasis is placed on the potential for introducing such innovations into domestic transport infrastructure in order to enhance logistics efficiency, energy efficiency and environmental sustainability of freight transportation, as well as to reduce operational costs, and improve the safety of transport operations.

Keywords: *automation of railway transport, aluminum freight wagon, energy efficiency, innovative wagon, bulk cargo, platform, smart frames, self-propelled freight wagon, IoT technology, digital monitoring systems.*

Масові вантажі, що включають руду, щебінь, зерно, вугілля, цемент, мінерали та інші ресурсоемні продукти, становлять основу вантажного залізничного потоку України. Їх транспортування забезпечує не лише функціонування промисловості та будівництва, а й формує значну частину експортного потенціалу країни. Залізничний транспорт є головним засобом перевезення таких вантажів, однак, ефективність цих перевезень залежить не лише від обсягу перевезених тонн, а й від технологічного рівня рухомого складу, його технічного стану та здатності до адаптації в умовах змінного попиту, енергетичних ризиків і геополітичної невизначеності. Відтак у центрі уваги постає потреба в оновленні та модернізації вагонного парку відповідно до світових стандартів, що передбачає впровадження інновацій у матеріалах, конструкції, автоматизації та цифровому моніторингу.

Сучасна реальність вимагає не лише фізичного оновлення вагонного складу, а комплексної трансформації системи перевезень. Більшість вагонів, які нині використовуються в Україні, мають великий термін експлуатації, низьку енергоефективність і не відповідають вимогам екологічної безпеки. Значна маса порожнього вагона знижує вантажопідйомність, підвищує витрати на пальне та створює додаткове навантаження на інфраструктуру. За таких умов оновлення вагонного парку в бік технологічно прогресивних рішень є об'єктивною необхідністю, що має відповідати як внутрішнім потребам, так і зовнішнім викликам. Світовий досвід дає приклади ефективних моделей, які можуть бути адаптовані до українських умов.

Метою цієї роботи є аналіз сучасних інновацій у розробці вагонів для перевезення масових вантажів, оцінка їх ефективності та можливостей для впровадження в Україні.

Одним із найяскравіших прикладів інновацій у цій сфері є проєкт повністю алюмінієвого вантажного вагону, впроваджений у 2022 році в Індії компанією Hindalco Industries Ltd у співпраці з національним перевізником Indian Railways. Вагон має зменшену масу на 3,25 т порівняно зі сталевим аналогом, що дало змогу збільшити корисне навантаження на 1800 кг при одночасному зниженні витрат на пальне на

рівні близько 14%. Конструкція має підвищений термін служби – до 35 років (суттєво перевищує типові 25 років для сталевих конструкцій). Не менш важливою є й екологічна компонента – понад 85% матеріалів конструкції придатні до повторного використання, а загальне скорочення викидів CO₂ протягом життєвого циклу одного складу, за оцінками виробника, перевищує 14 500 т. Вагонна платформа також інтегрована в цифрову систему моніторингу, що надає в реальному часі дані про навантаження, стан осей та гальм, дозволяючи оптимізувати логістику і підвищити безпеку перевезень [2]. Усі ці параметри роблять подібну модель перспективною для локалізації в Україні, особливо в контексті перевезень руди, вугілля, щебеню та цементу.

Схожі інноваційні рішення були реалізовані і в Європі. В Австрії компанія Rail Cargo Group інвестує в купівлю високопродуктивних вантажних вагонів. До 2026 року компанія планує закупити 2150 одиниць рухомого складу, з яких 1400 – будуть інноваційні, саме на базі TransANT. Інноваційний вагон представляє собою платформу (10–21 м), на якій можуть бути встановлені різні вантажні модулі – піввагони, хопери, криті вагони, а також призначені для перевезення лісоматеріалів і довгомірних вантажів. Завдяки конструктивним вирізам у металокаркасі платформи та використанню високоміцних легких сталей вагони стали на 20% легшими, ніж традиційні, а зниження маси шасі дозволило збільшити корисне навантаження до 4 т на кожен вагон [1; 4]. Це суттєво підвищує ефективність використання рухомого складу, забезпечує зменшення порожніх пробігів і демонструє актуальність гнучких технологічних рішень для роботи з масовими вантажами у змінному логістичному середовищі.

Новим викликом і водночас перспективним напрямом розвитку є автоматизація. У 2024 році у Німеччині впроваджено самохідні вантажні вагони, що працюють на базі технології MagRail Booster. Система використовує лінійний двигун, у якому статор розміщений вздовж осі залізничної колії, а вторинний елемент – на вагонних візках. Така конструкція дозволяє самостійно рухатися без використання локомотива, а також автоматично зчіплювати та розчіплювати вагони, що пришвидшує роботу транспорту [5]. Особливо актуальним це рішення виглядає для логістичних вузлів, де здійснюється накопичення або перевалка масових вантажів, і де зменшення часу простою має ключове значення. Проєкт розглядається як важливий крок у напрямі розвитку екологічного та

незалежного від локомотивів транспорту. Разом із цим поширюються технології автоматичної діагностики – зокрема, «розумні» рамки, як зазначає аналітичне джерело, такі рамки обладнані камерами та сенсорами, що в режимі реального часу формують 3D-моделі вагонів, фіксують деформації, несправності гальмівної системи, перевищення габаритів, відкриті люки чи двері, наявність сторонніх предметів або людей, а також нерівномірний розподіл навантаження та можливі порушення центрування вантажу. Завдяки цим функціям оператори отримують детальну інформацію про технічний стан вагонів без необхідності ручного огляду або зупинки потягів, що суттєво скорочує час обробки складів на станціях та зменшує вплив людського фактора [6]. Подібні системи діагностики мають високий потенціал для впровадження в Україні, особливо у сфері перевезень масових вантажів, де навантаження на візки та рами вагонів є критичним, а перевантаження або порушення розподілу маси можуть призводити до аварій.

У сфері цифрових систем моніторингу масових вантажів в Україні вже впроваджуються рішення на основі технологій IoT (Інтернету речей). Зокрема, компанія «Вантаж+» у співпраці з мережею 0G Sigfox Ukraine тестує активні GPS-трекери на вагонах-зерновозах. Пристрої передають дані про рух, зупинки та місцезнаходження у режимі реального часу, не потребують складної інфраструктури й працюють автономно до п'яти років. Завдяки цій системі вдалося оперативно виявити тривалий простій вагонів на вузловій станції, що дозволило уникнути значних фінансових втрат [3]. Такий приклад демонструє практичну ефективність IoT-рішень у контексті модернізації вагонного парку для перевезення масових вантажів.

Попри централізовану структуру залізничного ринку, де основним оператором вантажних перевезень виступає АТ «Укрзалізниця», в Україні існує внутрішній потенціал для розробки та виробництва інноваційних вагонів. Такі підприємства, як Крюківський вагонобудівний завод, Дніпровагонмаш і Стрийський вагоноремонтний завод, мають технічну базу для адаптації сучасних технологічних рішень до національних умов. Однак подальший розвиток можливий лише за умови узгодженої державної політики, оновлення технічних регламентів, стимулювання інвестицій та створення сприятливих умов для реалізації пілотних проєктів, зокрема у співпраці з приватними вантажовласниками. У контексті монопольної моделі управління транспортною

інфраструктурою особливої ваги набуває системний підхід, який охоплює не лише виробництво, а й комплексну модернізацію логістичних процесів.

Інноваційні підходи до перевезення масових вантажів, що вже впроваджуються в провідних країнах світу, демонструють високу ефективність і гнучкість. Використання легких матеріалів, модульних конструкцій, самохідних систем, автоматичної діагностики та цифрового трекінгу – це не просто технологічні рішення, а елементи стратегічної модернізації галузі. Для України інтеграція таких підходів означає не лише підвищення логістичної спроможності, але й відповідь на потреби відбудови, експорту, енергозбереження та екологічної безпеки. Усі ці фактори роблять впровадження інновацій у вантажному вагонобудуванні необхідною складовою сталого транспортного розвитку країни.

Список бібліографічних посилань

1. Індійська залізниця запускає інноваційні алюмінієві вантажні вагони // Railway. supply. URL: <https://www.railway.supply/uk/indijska-zalizniczya-zapuskac-innovaczijni-alyuminievi-vantazhni-vagoni/> (дата звернення: 03.04.2025).
2. Копилов М. Новітні системи відстеження вагонів та вантажів на залізниці // Railinsider.com.ua. URL: <https://www.railinsider.com.ua/novitni-systemy-vidstezhennya-vagoniv-ta-vantazhiv-na-zaliznyczi/> (дата звернення: 04.04.2025).
3. Австрійці планують інвестувати 200 млн євро в інноваційні вантажні вагони // Railinsider.com.ua. URL: <https://www.railinsider.com.ua/avstrijczy-planuyut-investuvaty-200-mln-yevro-v-innovaczijni-vantazhni-vagony/> (дата звернення: 03.04.2025).
4. У Німеччині впроваджують самохідні вантажні вагони // Rail. insider. URL: <https://www.railinsider.com.ua/u-nimechchyni-vprovadzhuut-samohidni-vantazhni-vagony/> (дата звернення: 03.04.2025).
5. У РФ діагностику вантажних вагонів проводять «розумні» рамки // Railinsider. com. ua. URL: <https://www.railinsider.com.ua/u-rf-diagnostyku-vantazhnyh-vagoniv-provodyat-rozumni-ramky/> (дата звернення: 03.04.2025).

УДК 004.094:623.746-519

МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ПОБУДОВИ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПРОСТОРІВ В АВТОМАТИЗОВАНОМУ ПРОЄКТУВАННІ БПЛА

Мирненко Максим Дмитрович,
аспірант, Національний
аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Анотація. Представлено аналіз сучасних методологічних підходів до побудови єдиного інформаційного простору для автоматизованого проєктування безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Розглянуто концепції управління життєвим циклом продукції (PLM), модельно-орієнтованої системної інженерії (MBSE), сервіс-орієнтованої архітектури (SOA) та цифрового двійника (Digital Twin). Проведено огляд їх основних характеристик, переваг і обмежень з точки зору інтеграції даних та інструментів протягом життєвого циклу авіаційної системи. Встановлено, що кожен підхід охоплює різні аспекти інформаційного забезпечення проєктування: PLM забезпечує централізоване керування даними продукту, MBSE підвищує узгодженість і якість системного проєктування, SOA сприяє гнучкій інтеграції сервісів, а цифрові двійники з'єднують цифровий і фізичний світи для удосконалення розробки і експлуатації. Наведено порівняльний аналіз методологій та визначено критерії вибору підходу залежно від потреб проєкту. Зроблено висновок про доцільність комплексного використання цих методологій для створення ефективного інформаційного середовища розробки БПЛА.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, автоматизоване проєктування, інформаційний простір, управління життєвим циклом продукції, модельно-орієнтована системна інженерія, сервіс-орієнтована архітектура, цифровий двійник.

Annotation. Presents an analysis of modern methodological approaches to building a unified information space for automated design of unmanned aerial vehicles (UAVs). The concepts of Product Lifecycle Management (PLM), Model-Based Systems Engineering (MBSE), Service-Oriented Architecture (SOA), and Digital Twin are examined. The key features, advantages, and limitations of each approach are reviewed in terms of integrating data and tools throughout the lifecycle of an aerospace system. It is shown that each approach covers different aspects of the design information support: PLM provides centralized product data management, MBSE improves consistency and quality of system design, SOA enables flexible integration of services, and digital twins connect the digital and physical worlds to enhance development and operation. A comparative analysis of the methodologies is provided and selection criteria are identified depending on project needs.

The conclusion recommends the combined use of these methodologies to create an effective information environment for UAV development.

Keywords: *unmanned aerial vehicle, automated design, information space, product lifecycle management, model-based systems engineering, service-oriented architecture, digital twin.*

Проектування сучасних безпілотних літальних апаратів є складним процесом, що охоплює багато дисциплін (аеродинаміка, електроніка, програмне забезпечення тощо) і етапів життєвого циклу. Традиційні підходи, засновані на розрізних інструментах і документації, вже не забезпечують необхідного рівня узгодженості та ефективності. Натомість виникає потреба у створенні єдиного цифрового інформаційного простору, який об'єднує всі дані та моделі на етапах розробки, випробувань і експлуатації складної системи. Світовий досвід показує, що зі зростанням складності систем (особливо в авіакосмічній галузі) розроблено спеціальні методології системної інженерії для управління цією складністю [1]. Крім того, актуальним є завдання забезпечення наскрізної інтеграції інформації протягом всього життєвого циклу виробу – від концепції до польових випробувань.

У цій доповіді проаналізовано чотири провідні методологічні підходи, які застосовуються для побудови інформаційно-інженерного середовища при автоматизованому проектуванні БПЛА: PLM (управління життєвим циклом продукції), MBSE (модельно-орієнтована системна інженерія), SOA (сервіс-орієнтована архітектура) та концепція цифрового двійника (Digital Twin). Розглядаються їх основні принципи та можливості, виконується порівняння з точки зору підтримки повного циклу розробки і критерії вибору оптимального підходу чи їх комбінації для конкретного проєкту.

Огляд методологій PLM, MBSE, SOA, Digital Twin

Управління життєвим циклом продукції (PLM). Концепція PLM полягає в інтегрованому управлінні всіма даними про продукт протягом усього його життєвого циклу – від формування вимог до утилізації. У проектуванні БПЛА PLM-платформа слугує центральним сховищем інженерних даних, моделей, креслень і результатів моделювань, забезпечуючи єдине джерело актуальної інформації. Це підвищує цілісність даних, зменшує помилки й дублювання. Використання PLM в розробці БПЛА дозволяє суттєво скоротити час та ресурси завдяки синхронізації всіх аспектів проєкту [2].

Важливо, що PLM охоплює не лише етап розробки, а й підтримує експлуатацію виробу через збирання зворотного зв'язку та даних про реальне використання техніки. Це створює передумови для реалізації концепції цифрового потоку даних (digital thread), коли інформація про продукт безперервно передається між етапами проєктування, виробництва та експлуатації. В рамках PLM-середовища можуть бути інтегровані САПР-системи, системи аналізу та моделювання, системи керування вимогами, що дозволяє всім учасникам проєкту працювати з актуальною версією даних.

Модельно-орієнтована системна інженерія (MBSE). MBSE (Model-Based Systems Engineering) – це методологія системної інженерії, що базується на формальних моделях замість традиційної документації. Вона забезпечує створення єдиної моделі БПЛА, яка охоплює вимоги, функції, архітектуру та поведінку апарата. Завдяки використанню стандартизованих нотацій, таких як SysML, досягається трасованість між вимогами та їх реалізацією, що покращує узгодженість проєкту та полегшує командну роботу. У розробці БПЛА MBSE довело свою ефективність, зокрема при компонуванні бортового обладнання дронів [3]. Використання моделі замість фрагментованої документації підвищує безпеку та дозволяє виконувати аналіз альтернатив і перевірку вимог ще на ранніх етапах, зменшуючи ризики до виробництва прототипів.

Таким чином, MBSE забезпечує формалізацію знань про систему та прийняття рішень на основі моделі. Для комплексних проєктів БПЛА це дає змогу зменшити ризики людських помилок і кількість доопрацювань за рахунок більш прозорого і контрольованого процесу розробки. Водночас впровадження MBSE вимагає відповідних інструментів і кваліфікації, а також інтеграції моделей з іншими компонентами інформаційного середовища (наприклад, з PLM-системою для управління версіями моделей та їх зв'язку з фізичними даними продукту).

Сервіс-орієнтована архітектура (SOA). SOA (Service-Oriented Architecture) – це підхід, що представляє функції системи як автономні сервіси з чіткими інтерфейсами. У проєктуванні БПЛА впровадження SOA дозволяє програмним компонентам (CAD/CAE модулі, бази даних, аналітичні інструменти) гнучко взаємодіяти через стандартизовані служби без необхідності переробки всієї інфраструктури.

Сервіс-орієнтована архітектура забезпечує слабе зв'язування компонентів через веб-сервіси або інші протоколи. Сучасні PLM-платформи, наприклад Siemens Teamcenter, активно використовують SOA

для інтеграції із зовнішніми системами через відкриті інтерфейси, створюючи єдиний інформаційний ланцюжок у процесах розробки.

Досвід впровадження SOA в управління життєвим циклом виробів показав, що такий підхід дозволяє краще контролювати бізнес-логіку і підтримувати інженерні процеси порівняно з конкуруючими монолітними рішеннями [4]. В межах SOA різні підсистеми (наприклад, модуль розрахунку аеродинаміки, база вимог, система планування випробувань) можуть бути реалізовані на різних платформах, але через стандартизовані сервіси вони працюють спільно як єдина система. Це полегшує обмін даними та зменшує залежність від конкретних технологій. Таким чином, SOA закладає основу для побудови гнучкого інформаційного простору, здатного адаптуватися під потреби проекту БПЛА та інтегрувати нові інструменти при їх появі.

Цифровий двійник (Digital Twin). Концепція цифрового двійника полягає у створенні високоточної цифрової моделі фізичного об'єкта, що синхронізується з реальним БПЛА в режимі реального часу. Цифровий двійник акумулює конструкторські дані, стан систем, телеметрію польоту та результати випробувань, відображаючи актуальний стан апарата.

У процесі проєктування цифрові двійники дозволяють імітувати роботу БПЛА в різних умовах, проводити віртуальні експерименти та оптимізацію. Під час експлуатації цифровий двійник оновлюється за телеметричними даними та допомагає оперативно оцінювати вплив пошкоджень чи змін середовища, наприклад, адаптуючи маршрут при виявленні несправностей [5]. Використання технології digital twin забезпечує замкнений цикл «проєктування – експлуатація – удосконалення». Дані, зібрані під час реальної роботи БПЛА, повертаються в цифрову модель і аналізуються для виявлення можливостей покращення конструкції або алгоритмів управління. Це особливо актуально для безпілотних систем, де безпечність і ефективність місій залежать від здатності оперативно реагувати на позаштатні ситуації. Цифрові двійники вже впроваджуються у системну інженерію як засіб розширення моделювання на весь життєвий цикл системи [5], дозволяючи підвищити точність прогнозування поведінки виробу і оптимізувати обслуговування.

Порівняння підходів

Розглянуті методології охоплюють різні рівні та фази роботи з інформацією при розробці БПЛА, проте, між ними є певний взаємозв'язок. PLM vs MBSE: PLM забезпечує інфраструктуру для збереження і

управління всіма артефактами проєкту, тоді як MBSE фокусується на змісті цих артефактів – системних моделях. Поєднання PLM і MBSE дозволяє інтегрувати моделі системи з іншими інженерними даними, що підсилює наскрізну трасованість. Дійсно, інтеграція MBSE-моделей у PLM-середовище відкриває можливості для кращої комунікації між командами, зменшення ризиків розробки, підвищення якості та продуктивності [1]. Окремо ж кожен з цих підходів охоплює лише частину задач: MBSE формалізує проєктні рішення, але без PLM може бракувати управління конфігураціями моделей і зв'язку з документами, тоді як PLM без MBSE не гарантує логічної узгодженості складної системи.

Підхід	Основний фокус	Етап життєвого циклу	Результат/Переваги
PLM (Product Lifecycle Management)	Інтегроване управління життєвим циклом продукту	Усі етапи (від концепції до утилізації)	Єдине інформаційне середовище, краща співпраця, зменшення помилок та витрат
SOA (Service-Oriented Architecture)	Модульна архітектура, орієнтована на сервіси	Пректування та інтеграція системи	Гнучка інтеграція, повторне використання сервісів, легке масштабування
MBSE (Model-Based Systems Engineering)	Проектування систем за допомогою моделей	Концепція, проектування, валідація	Узгоджені вимоги й дизайн, раннє виявлення недоліків, підвищення якості
Digital Twin (цифровий двійник)	Віртуальне представлення фізичного об'єкта, синхронізоване з ним	Експлуатація та обслуговування	Прогнозне обслуговування, оптимізація роботи, вдосконалення проєкту на основі даних

В цілому, порівняння показує, що жоден з методологічних підходів не покриває повністю усі потреби інформаційного забезпечення розробки складних систем типу БПЛА. PLM найкраще вирішує питання централізованого керування інформацією та версіями, MBSE – питання строгості системного проектування, SOA – гнучкої інтеграції інструментів,

а Digital Twin – зворотного зв'язку та валідації на експлуатації. Тому на практиці доцільно використовувати їх у комплексі, визначаючи пріоритетність того чи іншого підходу залежно від специфіки проекту.

Критерії вибору методології

Вибір підходів для побудови інформаційного простору автоматизованого проектування залежить від кількох ключових чинників. Перш за все, слід враховувати масштаб і складність проекту. Для невеликого БПЛА з обмеженим функціоналом впровадження повноцінної PLM-системи може бути надмірним – достатньо використання окремих інструментів з базовою інтеграцією. Натомість для розробки комплексного безпілотного авіаційного комплексу, що включає літальний апарат, наземну інфраструктуру, мережеві сервіси, PLM виступатиме необхідним каркасом управління інформацією.

Другий критерій – стадія життєвого циклу, на яку робиться акцент. Якщо проект знаходиться на ранніх стадіях концептуального опрацювання і критично важливим є відпрацювання вимог та архітектури, то пріоритет має MBSE-підхід з фокусом на розробці системної моделі. Якщо ж система вже виготовлена й основне завдання – випробування та оптимізація в умовах експлуатації, тоді на перший план виходить концепція цифрового двійника, що дозволить збирати дані та оновлювати модель в реальному часі.

Третій важливий аспект – наявна IT-інфраструктура та її відкритість. Коли в організації вже використовуються певні CAD/CAE/PLM рішення, доцільно будувати інформаційний простір навколо них, застосувавши SOA для їх інтеграції. Якщо ж впровадження ведеться «з нуля», можна обрати комплексне рішення від одного з постачальників (Siemens, Dassault Systemes тощо), яке поєднує засоби MBSE і PLM в єдиній платформі.

Четвертим критерієм є вимоги до гнучкості та масштабованості. Проекти, де можливі часті зміни вимог або конфігурації (наприклад, через швидкий розвиток технологій чи зміну умов застосування БПЛА), потребують архітектури, яка легко підлаштовується – в цьому випадку SOA є критичною, оскільки дозволяє замінювати окремі сервіси без порушення роботи всього середовища.

Також важливо враховувати ресурси та рівень підготовки команди. MBSE вимагає знань у системному моделюванні (наприклад, SysML), а налаштування PLM потребує часу та інвестицій. У разі обмежених ресурсів можливе поетапне впровадження: спершу – створення моделі за MBSE, потім – поступова інтеграція з PLM і SOA. Методології не

взаємовиключні – ефективним є комбінований підхід. У межах одного проєкту доцільно застосовувати MBSE для проєктування, зберігати дані в PLM, забезпечити зв'язність через SOA і використовувати цифровий двійник на етапі випробувань. Успіх визначається узгодженістю цих рішень і досягненням цілей проєкту.

Отже, побудова ефективного інформаційного простору для автоматизованого проєктування БПЛА вимагає застосування сукупності взаємодоповнюючих методологічних підходів. Проведений аналіз показав, що PLM, MBSE, SOA та Digital Twin виконують різні ролі, проте у поєднанні утворюють основу для цифрової трансформації процесів розробки авіаційних систем. PLM забезпечує структуроване управління даними та координацію роботи протягом життєвого циклу виробу; MBSE – формує якісну модель системи, що є ядром знань про продукт; SOA – дозволяє вибудувати гнучку та інтероперабельну IT-архітектуру середовища розробки; цифрові двійники – замикають цикл, поєднуючи проєктування з експлуатацією та забезпечуючи безперервне вдосконалення.

Результати порівняння підходів підтверджують, що універсального рішення не існує, і оптимальна стратегія полягає у комбінуванні методологій з урахуванням специфіки проєкту. Для нових проєктів рекомендується раннє впровадження MBSE для зменшення ризиків на старті, поступове розгортання PLM-системи для масштабування роботи команди, використання SOA для інтеграції існуючих та нових інструментів, а також розробка цифрових двійників для етапу випробувань і експлуатації. Такий підхід створить передумови для скорочення термінів розробки, підвищення якості безпілотних літальних апаратів і ефективного управління їх життєвим циклом.

Список бібліографічних посилань

1. Sullivan B. MBSE-PLM Integration: Initiatives and Future Outlook // Proceedings of the IFIP International Conference on Product Lifecycle Management. 2023. URL: https://www.researchgate.net/publication/367637212_MBSE-PLM_Integration_Initiatives_and_Future_Outlook (дата звернення: 20.04.2025).
2. Bernabei G., Sassanelli C., Corallo A., Lazoi M. A PLM-Based Approach for Un-manned Air System Design : A Proposal // Modeling and Simulation for Autonomous Systems (MESAS 2014). Cham : Springer, 2014. (Lecture Notes in Computer Science; Vol. 8906). С. 1–11. URL : https://www.researchgate.net/publication/277205402_A_PLM-

Based_Approach_for_Un-manned_Air_System_Design_A_Proposal (дата звернення: 21.04.2025).

3. She S., Lu J., Wang G., Ding J., Hu Z. Model-based Systems Engineering Supporting Integrated Modeling and Optimization of Radar Cabin Layout // Preprint. 2021. 26 с. URL: https://www.researchgate.net/publication/352002920_Model-based_Systems_Engineering_Supporting_Integrated_Modeling_and_Optimization_of_Radar_Cabin_Layout (дата звернення: 21.04.2025).

4. She S., Lu J., Wang G., Ding J., Hu Z. Model-based Systems Engineering Supporting Integrated Modeling and Optimization of Radar Cabin Layout // arXiv:2105.07015 [Preprint]. 2021. URL: <https://arxiv.org/abs/2105.07015> (дата звернення: 22.04.2025).

5. Madni A. M., Purohit S., Madni C. C. Exploiting Digital Twins in MBSE to Enhance System Modeling and Life Cycle Coverage // Handbook of Model-Based Systems Engineering. Springer, 2022. URL: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-030-27486-3_33-1/ (дата звернення: 22.04.2025).

УДК 004.89:656.223.2

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ АДАПТИВНОЇ НЕЙРО-НЕЧІТКОЇ МОДЕЛІ КЕРУВАННЯ СКОЧУВАННЯМ ВАГОНІВ

Лазарєва Наталя Миколаївна,
аспірантка,
Харківський національний
університет радіоелектроніки

Анотація. Розглядається програмна реалізація адаптивної нейронної мережі, що реалізує нечіткий алгоритм керування динамічними об'єктами. На основі багатошарової нейронної мережі невідоме відображення вектора вхідних даних, що складається з параметрів об'єкта й середовища, моделюється в сигнал керування швидкістю руху об'єкта. Застосовується тренувальний набір даних для налаштування моделі до певної області застосування й середовища та виконується імітаційне моделювання роботи системи керування на тестовому прикладі.

Ключові слова: ієрархічна модель, адаптивне керування, нейронні мережі, нечіткий алгоритм, нейро-нечітка система, алгоритм TSK, бібліотека Python.

Annotation. The software implementation of an adaptive neural network that implements a fuzzy control algorithm for dynamic objects is considered. Based on a multilayer neural network, the input data vector consisting of the parameters of the object and the environment is modeled into an object speed control signal. A training data set is

used to adjust the model to a specific application area and environment, and a simulation modeling of the control system operation is performed on a test case.

Keywords: Hierarchical model, adaptive control, neural network, fuzzy algorithm, neuro-fuzzy system, TSK-algorithm, Python library.

Адаптація інноваційних технологій до технологічних процесів на транспорті сприяє пришвидшенню доставки вантажів та покращенню якості перевезень. Найбільш ефективним для систем високої складності є використання м'яких обчислень на основі нечітких алгоритмів із застосуванням нейромережевої адаптації. При цьому гібридні інструменти потребують відносно короткого часу на розробку та є досить надійними, що призвело до їх широкого використання в різних галузях.

Ієрархічна модель на основі нечіткого алгоритму Такагі-Сугено-Канга (TSK) для керування динамічними об'єктами, що рухаються за одним з визначених маршрутів [1], реалізована адаптивною нейронною мережею з прямим розповсюдженням сигналу та реалізацією градієнтного спуску для адаптації параметрів та корекції нечітких правил. Програмний код реалізовано мовою програмування Python [2].

Існує велика кількість програмних продуктів для реалізації основних функцій при проєктуванні нейромережевих структур. Для побудови нечіткої нейронної мережі, орієнтованої на реалізацію конкретної системи керування скочуванням, використовуються відкриті бібліотеки, необхідні для роботи програми (рис. 1).

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import skfuzzy as fuzz
import pandas as pd
from skfuzzy import control as ctrl
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
from sklearn.metrics import mean_squared_error, mean_absolute_error
from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D
```

Рис. 1. Використані бібліотеки Python для моделі керування

- Scikit-Fuzzy – набір інструментів нечіткої логіки, призначених для використання в SciPy, що є фундаментальними алгоритмами для наукових обчислень на Python для багатьох задач.
- Pandas – бібліотека програмного забезпечення на Python для обробки та аналізу даних.
- NumPy – бібліотека для програмування на Python, що підтримує виконання математичних функцій з багатовимірними масивами і матрицями.
- Matplotlib – бібліотека набору інструментів на Python для створення візуалізацій даних двовимірною (2D) та тривимірною (3D) графікою, вбудовування графіків у програми.
- Scikit-learn – програмна бібліотека машинного навчання в Python для створення та тренування алгоритмів.

Відповідно до парадигми мови програмування Python, що підтримує об'єктно-орієнтоване програмування, розроблено class FIS. Оголошення та конструктор класу представлений методом `__init__` з вказанням властивостей об'єктів (рис. 2).

```
class FIS:

def __init__(self, input_size, rule_matrix, rule_matrix_mamdani, input_ranges,
num_terms=7):

    self.input_size = input_size # Кількість вхідних даних xi
    self.input_ranges = input_ranges # Проміжки для вхідних і вихідних змінних
    self.num_terms = num_terms # Кількість термів
    self.term_indices = {'M3':0, 'M2':1, 'M1':2, 'S':3, 'D1':4, 'D2':5, 'D3':6}
    self.rule_matrix_mamdani = rule_matrix_mamdani # (num rules, num_terms + 1)
    self.num_rules_mamdani = rule_matrix_mamdani.shape[0] # Кількість mamdani
    self.rule_matrix = rule_matrix # (num rules, num_terms)
    self.num_rules = rule_matrix.shape[0] # Кількість правил sugeno
    # Ініціалізація параметрів
    self.membership_params_mamdani = self.initialize_membership_params_mamdani()
    self.membership_params = self.initialize_membership_params()
```

Рис. 2. Оголошення та конструктор класу FIS

Тіло класу містить опис дій, що виконуються відповідно до ієрархічного нечіткого алгоритму у вигляді функцій, описаних методами def. Дії спрямовані на реалізацію нечіткого алгоритму та відповідають послідовним шарам нечіткої нейронної мережі.

Для відображення результатів моделювання окремими функціями реалізована візуалізація:

- функцій належності до та після навчання моделі;
- графіка зміни похибки під час навчання;
- таблиць параметрів антецедентів та консеквентів до та після навчання;
- передбачення для довільного набору параметрів об'єкта;
- поверхні відгуку нечіткої моделі при різних умовах середовища (рис. 3).

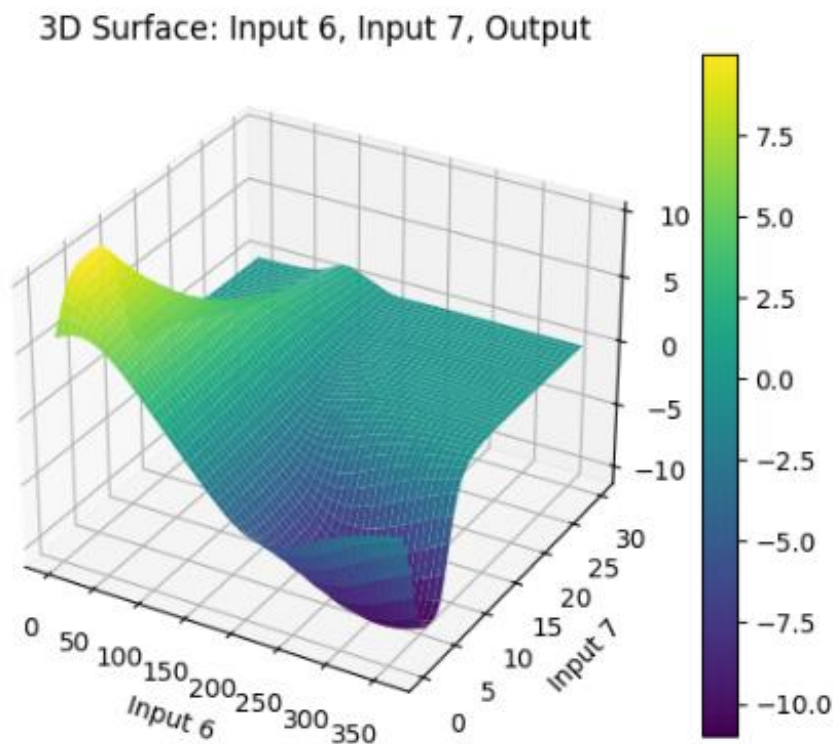


Рис. 3. Вплив напрямку та швидкості вітру на керування об'єктом

Реалізація програмного коду адаптивної нейро-нечіткої моделі дозволяє моделювати різні умови функціонування системи, досліджувати вплив окремих параметрів та умов середовища на результат керування.

Перевагами застосування інтелектуальних методів у процес керування технологічними процесами на транспорті є легка інтеграція з іншими інформаційними технологіями та сучасними технічними засобами, можливість розширення, трансформування й удосконалення представленої системи керування при отриманні нових знань про об'єкти керування.

Список бібліографічних посилань

1. Lazarieva N. Modeling of multi-factory dependences in complex control systems by Sugeno fuzzy knowledge base // Artificial Intelligence. 2023. № 1. С. 138–146. DOI: 10.15407/jai2023.01.138. URL: <https://jai.in.ua/archive/2023/2023-1-14.pdf> (дата звернення: 02.06.2025). .
2. Python Tutorial. URL: <https://www.w3schools.com/python/default.asp> (дата звернення: 02.06.2025).

РОЗДІЛ 4. АВІАЦІЯ ТА АЕРОКОСМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 629.73-11-026.565-044.923:001.891

РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ НАТУРНИХ АВІАЦІЙНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Овсяннік Віктор Миколайович,
кандидат технічних наук, доцент,
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Анотація. Представлено підхід до дослідження напружено-деформованого стану авіаційних конструкцій шляхом поєднання тензометричних вимірювань і чисельного моделювання. Запропонована методика дозволяє підвищити точність розрахунків завдяки використанню експериментальних даних для уточнення жорсткісних параметрів конструкції. Розглянуто вимоги до математичних моделей з урахуванням зовнішніх навантажень, граничних умов і похибок вимірювань.

Ключові слова: авіаційні конструкції, тензометричні вимірювання, напружено-деформований стан, чисельне моделювання, жорсткісні параметри, експериментальні дані.

Annotation. Presents an approach to the study of the stress-strain state of aircraft structures by combining strain measurements and numerical modeling. The proposed technique makes it possible to increase the accuracy of calculations by using experimental data to clarify the rigidity parameters of the structure. The requirements for mathematical models taking into account external loads, boundary conditions and measurement errors are considered.

Keywords: aircraft structures, strain gauge vibration, stress-strain mill, numerical modeling, hard settings, experimental data.

Тензометричні методи дослідження загального та місцевого напружено-деформованого стану (НДС) натурних авіаційних конструкцій при їх статичних та ресурсних (повторно-статичних) випробуваннях відіграють важливу роль у процесі дослідження міцності і довговічності об'єктів авіаційної техніки. Характерними тенденціями розвитку цих методів є неухильне зростання обсягів тензометрії і дедалі ширша

автоматизація експериментальних досліджень з урахуванням застосування автоматизованих систем управління навантаженням (АСУН) та інформаційно-вимірювальних систем (ІМС), які працюють під управлінням комп'ютерів.

Позаяк кількість тензометричних датчиків і експериментів не можна збільшувати безмежно, а існуючі методи обробки тензометричних даних дозволяють обрахувати параметри НДС конструкції тільки в місцях встановлення датчиків і при навантаженнях, реалізованих у експерименті, подальшого підвищення ефективності тензометричних методів можна домогтися тільки за рахунок комплексного підходу об'єднуючого теоретичні і експериментальні методи досліджень НДС конструкцій. Актуальність такого підходу до вирішення названих проблем безсумнівна.

Пропонується методика розрахунково-експериментального дослідження НДС натурних авіаційних конструкцій, яка дозволяє отримати достовірні математичні моделі НДС елементів конструкцій шляхом спільного використання розрахункових методів визначення НДС натурних авіаційних конструкцій і експериментальних даних. Сутність запропонованої методики полягає, зокрема в тому, що експериментальні дані, а саме: значення деформацій у місцях встановлення тензодатчиків, використовуються для обчислення жорсткісних параметрів конструкції.

У загальному випадку для моделювання ПДВ авіаційних конструкцій можуть використовуватися як фізичні так і нефізичні математичні моделі, фізичними називатимемо такі моделі, які задовольняють прийнятим гіпотезам розрахункової схеми конструкції і включають у явному вигляді, тобто. В якості параметрів геометричні та жорсткі характеристики конструкції Природно, модель має відповідати законам технічної механіки.

Також модель повинна враховувати усі відомі з достатньою достовірністю дані про конструкцію: зовнішні впливи (навантаження механічні, теплові, вібраційні тощо, граничні умови), експериментальні дані.

Модель має бути стійкою по відношенню до похибок експериментальних даних.

УДК 621.452.32.03:629.78

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ХОЛОДНОГО ГАЗОДИНАМІЧНОГО НАПИЛЮВАННЯ В АЕРОКОСМІЧНІЙ ГАЛУЗІ

Шорінов Олександр Володимирович,
кандидат технічних наук, доцент;
Білан Дмитро Олексійович,
аспірант, Національний аерокосмічний
університет «Харківський
авіаційний інститут»

Анотація. Для вирішення актуальної науково-прикладної проблеми тертя та зношування деталей аерокосмічної техніки запропоновано використання комплексної технології отримання зносостійких покриттів на основі інтерметалідів NiTi та TiAl з підвищеними експлуатаційними характеристиками. В основі технології, що пропонується, покладено метод нанесення покриттів холодним газодинамічним напилюванням з подальшим термічним (або лазерним) обробленням. Наявність інтерметалідних структур в шарі покриття дозволить підвищити трибологічні характеристики деталей, а саме: виключить можливість скріплювання контактних поверхонь, зменшить коефіцієнт тертя та інтенсивність зношування. Технологія може бути впроваджена як на етапі виробництва нових, так і в процесі відновлювального ремонту пошкоджених деталей для подовження їх ресурсних показників.

Ключові слова: інженерія поверхні, інтерметалідні покриття, зносостійкі покриття, газодинамічне напилювання.

Annotation. To address the current scientific and applied problem of friction and wear in aerospace components, a comprehensive technology for producing wear-resistant coatings based on NiTi and TiAl intermetallics with enhanced performance characteristics is proposed. The core of the proposed technology is the application of cold gas dynamic spraying followed by thermal (or laser) treatment. The presence of intermetallic structures within the coating layer is expected to improve the tribological performance of components by preventing the adhesion of contact surfaces, reducing the coefficient of friction, and lowering wear rates. This technology can be implemented both during the production of new components and in the repair of damaged parts to extend their service life.

Keywords: surface engineering, intermetallic coatings, wear resistance coating, gas-dynamic filing.

Для забезпечення високих результатів в області науки та техніки при проектуванні виробів аерокосмічної техніки, що працюють у складних умовах, необхідно активно розвивати напрямок інженерії поверхні. Модифікація поверхневих шарів деталей різними методами дає змогу створювати також і нерівновісні структури, які неможливо отримати існуючими способами металургії.

Аналіз стану досліджень за напрямом поверхневої інженерії дозволив виділити наступні методи, спрямовані на отримання поверхневих шарів з високими експлуатаційними характеристиками: газотермічне напилювання, лазерне наплавлення, механічний, плазмохімічний синтез та інші. Проте використання існуючих методів газотермічного напилювання для формування покриттів на поверхнях з титанових сплавів обмежене через низку недоліків, зокрема значний температурний вплив на поверхню та низька адгезійна міцність покриттів. Для лазерного наплавлення, як і для газотермічних методів напилювання, характерним є перегрів поверхні, та, окрім того, до порошкового матеріалу висуваються високі вимоги.

Використання холодного газодинамічного напилювання (ХГН) як способу отримання покриттів представляє найбільший інтерес через низьку температуру процесу, що виключає можливі процеси, пов'язані зі зміною хімічного або фазового стану матеріалів підкладки та напиленого шару. Це дозволяє отримувати покриття, зокрема композиційні, з властивостями, які відповідають властивостям матеріалу порошку. Одним з перспективних і актуальних напрямків досліджень є створення покриттів з високими показниками зносостійкості на деталях авіаційної та ракетно-космічної техніки за рахунок утворення в структурі покриттів інтерметалідних сполук, наприклад NiTi та TiAl .

Для розроблення технології створення інтерметалідних зносостійких покриттів на поверхнях деталей пропонується використання ХГН як методу формування шару покриття, що забезпечує відсутність хімічних перетворень в матеріалах порошків. Основна ідея полягає у тому, що утворення інтерметалідних сполук може бути реалізоване за рахунок термічного оброблення. Термічне оброблення може бути виконано з витримкою в печі або з використанням лазера. В залежності від обраного способу синтез інтерметалідів, у свою чергу, може бути здійснено з твердої (термічне оброблення в печі) або рідкої фази (при обробленні лазером). У залежності від режиму при обробленні в печі забезпечується отримання певної структури покриття. У другому випадку при проходженні лазером

по поверхні покриття залежно від його товщини та режимів (потужності лазера, швидкості сканування тощо) може відбуватись проплавлення матеріалу поверхні, на якій отримано покриття. Тим самим можливе підвищення міцності зчеплення покриття з підкладкою та забезпечення її високих значень для складних умов експлуатації.

Доцільність проведення досліджень пояснюється тим, що встановлені закономірності формування властивостей інтерметалідних покриттів від режимів ХГН та режимів термічного оброблення, дозволять розробити комплексну технологію створення зносостійких покриттів на поверхнях деталей аерокосмічної техніки для підвищення їх експлуатаційних характеристик на етапах виробництва та відновлювального ремонту.

УДК 656.746-519.017.21

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕЧНОГО РОЗДІЛЕННЯ БПЛА У ПОВІТРЯННОМУ ПРОСТОРІ

Єна Максим Вікторович,
аспірант,
Національний аерокосмічний
університет «Харківський
авіаційний інститут»

***Анотація.** Розглянуто сучасні підходи до забезпечення безпечного розділення безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у повітряному просторі. Особливу увагу приділено методикам виявлення та уникнення зіткнень (Detect and Avoid), зокрема використанню сенсорних систем, алгоритмів ухилення та моделювання траєкторій. Окремо проаналізовано вимоги до інтеграції БПЛА з пілотованим авіаційним трафіком, включаючи розробку систем управління безпілотним трафіком (UTM), цифрову ідентифікацію та правила взаємодії. Запропоновано напрямки для удосконалення систем безпеки в умовах зростаючої інтенсивності повітряного руху.*

***Ключові слова:** БПЛА, безпечне розділення, уникнення зіткнень, Detect and Avoid, повітряний простір, інтеграція БПЛА у загальний повітряний простір, UTM, авіаційна безпека.*

***Annotation.** Explores modern approaches to ensuring the safe separation of unmanned aerial vehicles (UAVs) in airspace. Special attention is given to Detect and Avoid*

(DAA) methodologies, including the use of sensor systems, avoidance algorithms, and trajectory modeling. The study also analyzes the requirements for UAV integration with manned air traffic, including the development of unmanned traffic management systems (UTM), digital identification, and interaction rules. The paper suggests directions for improving safety systems in the context of increasing air traffic density.

Keywords: safe separation, collision avoidance, Detect and Avoid, airspace, integration of UAVs into the common airspace, UTM, aviation safety.

Інтенсивний розвиток безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у сфері логістики, моніторингу, пошуково-рятувальних операцій та міської мобільності ставить нові виклики перед авіаційною безпекою. Одним із ключових завдань інтеграції БПЛА у загальний повітряний простір є забезпечення безпечного розділення між ними та іншими учасниками повітряного руху.

Методики виявлення та уникнення зіткнень (Detect and Avoid, DAA)

Технології виявлення та уникнення зіткнень (DAA) є критичним компонентом автономного керування БПЛА. До основних підходів у реалізації DAA-систем належать:

- Бортові сенсори: використання радарів, оптичних камер, LiDAR, інфрачервоних сенсорів для виявлення об'єктів на шляху польоту. Бортова обробка даних дозволяє приймати рішення в реальному часі без необхідності у постійному зв'язку з наземною станцією.
- Алгоритми ухилення: застосування методів прогнозування траєкторій та оптимізаційних алгоритмів (наприклад, потенційних полів або штучного інтелекту) для автоматичного ухилення від перешкод.
- Зв'язок з іншими учасниками повітряного руху: інтеграція з ADS-B та UAT-системами дозволяє отримувати інформацію про пілотовані літаки та інші БПЛА у реальному часі.
- Імітаційне моделювання (Digital Twin): віртуальна перевірка поведінки БПЛА в складних сценаріях дозволяє забезпечити додаткову перевірку ефективності систем DAA [1].

Розробка та сертифікація DAA-систем активно підтримується такими міжнародними організаціями: FAA (США), EASA (ЄС) та ICAO, які визначають технічні вимоги до безпеки польотів БПЛА.

Інтеграція БПЛА з пілотованим авіаційним трафіком

Для забезпечення повноцінного використання повітряного простору необхідно створити правила та інфраструктуру, що забезпечують координацію між БПЛА та пілотованими літальними апаратами. Основні напрями включають:

- Розмежування класів повітряного простору: запровадження спеціалізованих повітряних коридорів для БПЛА, особливо у низьковисотному просторі (нижче 120 м).
- Системи управління безпілотним трафіком (UTM – UAS Traffic Management): побудова цифрової інфраструктури для координації польотів, включаючи планування маршрутів, розподіл пріоритетів, а також управління надзвичайними ситуаціями [2].
- Правила взаємодії: розробка стандартів поведінки БПЛА у випадках зустрічі з пілотованими повітряними суднами (правила пріоритету, мінімальні відстані, процедура ухилення).
- Цифрова ідентифікація та трекінг: запровадження обов'язкової реєстрації та передачі ідентифікаційних даних у режимі реального часу забезпечує підзвітність та підвищує ситуаційну обізнаність [3].

Таким чином, інтеграція БПЛА у повітряний простір потребує мультидисциплінарного підходу, що поєднує інженерію, регулювання та автоматизацію. Реалізація ефективних методик виявлення і уникнення зіткнень та гармонізація правил взаємодії з пілотованим трафіком є необхідною умовою для безпечного розвитку аерокосмічної інфраструктури нового покоління.

Список бібліографічних посилань

1. Kopardekar P. H., Rios J. L., Prevot T. Unmanned Aircraft System Traffic Management (UTM) Concept of Operations // Proceedings of the 16th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference. 2016. DOI: 10.2514/6.2016-3292.
2. Clothier R. A. Risk Perception and the Public Acceptance of Drones / R. A. Clothier, D. A. Greer, D. G. Greer, A. M. Mehta // Risk Analysis. 2015. Vol. 35, No. 6. P. 1167–1183. DOI: 10.1111/risa.12330.
3. Prats X., Royo P., Pérez Batlle M. Requirements, Issues, and Challenges for Sense and Avoid in Unmanned Aircraft Systems // Journal of Aerospace Information Systems. 2012. Vol. 9, No. 12. P. 768–779. DOI: 10.2514/1.I010144.

РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА СТІЙКІСТЬ ТА СТАЛИЙ РОЗВИТОК

УДК 629.33+621.31]:614.8

ТРАНСПОРТ ЗАВТРАШНЬОГО ДНЯ: ІННОВАЦІЇ ДЛЯ ЧИСТОЇ ПЛАНЕТИ

Середіна Анастасія Сергіївна,
викладачка,
Харківський автомобільно-
дорожній фаховий коледж

Анотація. Аналізуються основні інновації в сфері транспорту, зокрема водного та наземного, і їх вплив на екологію, ефективність та безпеку перевезень. Описано розробки у напрямках електрифікації, водневих і автономних технологій, а також впровадження штучного інтелекту для оптимізації транспортних систем. Детально розглядаються приклади практичного використання новітніх технологій (електричні та водневі автомобілі, автономні кораблі і потяги), а також розумні транспортні системи. Підкреслено важливість розвитку інфраструктури для зарядних станцій та водневих заправок, а також створення сприятливих умов для велосипедистів. Висвітлено, як ці інновації сприяють зменшенню забруднення довкілля, зниженню викидів парникових газів та розвитку сталого міського транспорту в Україні та світі.

Ключові слова: інновації в транспорті, екологічний транспорт, електричні автомобілі, водневі технології, автономні транспортні засоби, штучний інтелект, безпілотні системи, сталий розвиток, електрифікація, водневе паливо, розумні транспортні системи, інфраструктура для електричних автомобілів, міська мобільність, екологічні технології, зниження викидів, CO₂, безпечний транспорт.

Annotation. Analyzes the main innovations in the field of transport, in particular water and land, and their impact on the ecology, efficiency and safety of transportation. Developments in the areas of electrification, hydrogen and autonomous technologies are described, as well as the introduction of artificial intelligence to optimize transport systems. Examples of the practical use of the latest technologies, such as electric and hydrogen cars, autonomous ships and trains, as well as smart transport systems, are considered in detail. The importance of developing infrastructure for charging stations and hydrogen refueling stations, as well as creating favorable conditions for cyclists, is emphasized. It highlights how these innovations contribute to reducing environmental pollution, reducing greenhouse gas emissions and developing sustainable urban transport in Ukraine and the world.

Keywords: *innovations in transport, ecological transport, electric cars, hydrogen technologies, autonomous vehicles, artificial intelligence, unmanned systems, sustainable development, electrification, hydrogen fuel, smart transport systems, infrastructure for electric cars, urban mobility, ecological technologies, reduction of CO₂, emissions, safe transport.*

У сучасному світі транспорт є невід'ємною частиною життя людини. Проте традиційні засоби пересування, що використовують викопне паливо, спричиняють значне забруднення довкілля та збільшують рівень парникових газів. Це змушує людство шукати нові рішення, які дозволять зменшити негативний вплив транспорту на екосистему. Головними пріоритетами сучасних транспортних технологій є екологічність, енергоефективність, автоматизація та безпека. Викиди парникових газів від традиційного транспорту сприяють зміні клімату, а використання викопного палива стає все менш вигідним. Тому наука й інженерія активно шукають альтернативи, розробляючи електричні, водневі та автономні транспортні засоби, що мінімізують вплив на довкілля та підвищують ефективність перевезень. Важливими напрямками є електрифікація автомобільного, залізничного та водного транспорту, використання альтернативних джерел енергії, а також впровадження штучного інтелекту та автономних технологій.

Зростання кількості транспорту та його екологічні наслідки роблять проблему сталого розвитку критично важливою. Розвиток екологічного транспорту є вкрай важливим через такі фактори як: екологічні проблеми – транспортна галузь є одним із найбільших джерел забруднення повітря, викидів CO₂, та шумового забруднення; виснаження викопних ресурсів – запаси нафти та газу не безмежні, і перехід на альтернативні джерела енергії є неминучим; підвищення енергоефективності – сучасні технології дозволяють зменшити витрати пального та оптимізувати транспортні потоки; розвиток міської мобільності – мегаполіси потребують ефективного громадського транспорту, який буде екологічним, швидким і доступним; безпека руху – автономні транспортні засоби та розумні дорожні системи можуть знизити рівень аварійності; зростання урбанізації – великі міста потребують ефективних рішень для зменшення заторів і розвантаження транспортних потоків; розвиток відновлюваної енергетики – електротранспорт, водневі двигуни та нові матеріали допомагають зменшити залежність від нафти; автоматизація – розвиток штучного інтелекту (ШІ) дозволяє впроваджувати безпілотні транспортні

системи для підвищення безпеки та ефективності. З огляду на ці виклики, транспорт майбутнього має бути не лише екологічним, але й ефективним, автономним і доступним для широкого використання. Тому розвиток новітнього транспорту – це не лише екологічна ініціатива, а й економічна та соціальна необхідність.

Метою цього дослідження є аналіз інновацій у сфері основних водного та наземного транспорту та визначення їх впливу на екологію, ефективність і безпеку перевезень. Завдання дослідження:

- Дослідити новітні технології у водному та автомобільному транспорті.
- Визначити перспективи використання електричних, водневих та автономних транспортних засобів.
- Проаналізувати вплив екологічних транспортних рішень на економіку та довкілля.
- Навести приклади практичного використання інноваційного транспорту.
- Дослідити використання електричних та водневих технологій у сучасному транспорті.
- Проаналізувати впровадження автономних транспортних засобів та розумних дорожніх систем.

Водний транспорт майбутнього розвивається в напрямку екологічності, ефективності та інновацій. Судна на водневому паливі, електричні кораблі та автономні плавзасоби стають реальністю, зменшуючи викиди та покращуючи транспортну інфраструктуру. Ці технології змінять морські перевезення, зробивши їх безпечнішими та більш екологічними. Розглянемо сучасні інновації у морському та річковому транспорті:

1. Електричні кораблі – прикладом є данський пором Ellen, що працює на літій-іонних батареях, а також гібридні круїзні лайнери компанії Hurtigruten.
2. Водневі судна – французький Energy Observer використовує водень, отриманий із морської води, що робить його повністю екологічним.
3. Автономні кораблі – у Норвегії створено Yara Birkeland, перше безпілотне контейнерне судно, яке значно знижує ризики аварій через людський фактор.

4. Вітрові та сонячні технології – концепція Oceanbird передбачає використання величезних крилових вітрил, що дозволяють зменшити викиди CO₂ на 90%.

Автомобілі майбутнього стають розумнішими, екологічнішими та безпечнішими. Електрокари, водневі авто та автономні транспортні засоби вже змінюють світ, зменшуючи викиди та підвищуючи комфорт пересування. Інноваційні технології, такі, як штучний інтелект, безпілотне керування та відновлювані джерела енергії, визначають майбутнє автомобільної галузі. Автомобілі є основним видом транспорту в багатьох країнах, тому їх електрифікація відіграє ключову роль у зменшенні забруднення. Найвідомішим прикладом є Tesla Model S, X, Y, 3 – найвідоміший виробник електромобілів, що задає тренди у сфері акумуляторних технологій та автономного керування. Porsche Taycan – один із перших преміальних електрокарів, що поєднує спортивні характеристики та екологічність. BYD, NIO (Китай) – компанії, що активно розширюють глобальний ринок електрокарів. Німецькі виробники, зокрема Volkswagen, активно розвивають електросерію ID, а BMW – лінійку i.

В Україні набирають популярності Nissan Leaf та Hyundai Kona Electric, які пропонують хороший баланс між ціною та автономністю. Toyota Mirai – одна з перших серійних моделей на водневих паливних елементах. Hyundai Nexo – водневий позашляховик, що має запас ходу понад 600 км без викидів CO₂.

Громадський та залізничний транспорт майбутнього стає екологічнішим і технологічно досконалішим. Електричні та водневі автобуси, швидкісні потяги на відновлюваних джерелах енергії, а також інтелектуальні транспортні системи допомагають зменшити викиди та зробити перевезення ефективнішими. Інноваційні рішення сприяють розвитку сталого міського транспорту, роблячи міста чистішими та зручнішими для життя.

Інновації в сфері міського транспорту також сприяють скороченню викидів парникових газів. Сучасні електричні автобуси і поїзди стають стандартом у багатьох країнах. Наприклад, у Великій Британії вже використовуються електричні поїзди на деяких маршрутах, а в Норвегії всі автобуси, що працюють у Осло, є безвуглецевими. Норвегія планує до 2025 року зробити весь міський транспорт в Осло електричним. Велика Британія активно впроваджує електричні поїзди на лінії до 2035 року.

Українські міста також використовують інноваційні технології для підвищення ефективності громадського транспорту, зокрема, інтеграцію системи моніторингу руху транспорту, що дозволяє оптимізувати маршрути та скоротити затори. У 2022 році в Києві було відкрито новий маршрут для електричних тролейбусів, що з'єднує віддалені райони столиці. Харків замінив більше 100 старих тролейбусів на нові електричні моделі у рамках програми модернізації транспорту до 2025 року.

Потяги майбутнього поєднують високу швидкість, екологічність та інноваційні технології. Магнітна левітація, водневе паливо та електроенергія з відновлюваних джерел дозволяють зменшити викиди та зробити залізничні перевезення ефективнішими. Завдяки новітнім матеріалам і штучному інтелекту потяги стануть швидшими, комфортнішими та безпечнішими, змінюючи майбутнє транспорту. Наприклад: Hyperloop – концепція вакуумних потягів від Ілона Маска, що може досягати швидкості понад 1000 км/год. Водневі потяги (Coradia iLint, Німеччина) – перші у світі водневі потяги, які вже перевозять пасажирів. Магнітоплани (maglev) – поїзди, що використовують магнітну левітацію, зокрема у Японії та Китаї.

Електричні автомобілі (ЕА) вже не є чимось новим на ринку, однак, їх популярність зростає з кожним роком. За даними Міжнародного агентства з енергетики (IEA), у 2020 році було продано понад 3 млн електричних автомобілів у світі, що на 41% більше, ніж у 2019 році. Серед лідерів є компанії Tesla, Nissan та Chevrolet, але все більше автоконцернів, таких як Volkswagen, BMW та Ford, також випускають електричні моделі. У 2025 році компанія Tesla планує випустити автономний електричний автомобіль, який буде функціонувати без участі водія. Цей транспорт не тільки зменшує викиди, але й має потенціал для значного зменшення кількості аварій і смертей на дорогах завдяки штучному інтелекту. Фактами є те що: 3 млн електричних автомобілів було продано у 2020 році (IEA); очікується, що до 2040 року більше половини всіх нових автомобілів будуть електричними (BloombergNEF).

В Україні електричний транспорт почав активно розвиватися після 2010 року, коли з'явилися перші електричні автобуси та авто. З 2016 року в Україні значно збільшилася кількість електричних автомобілів, завдяки зниженню цін на електричні авто і розвитку інфраструктури для їх заправки.

Одним із найбільших досягнень є запуск міських електричних автобусів у Києві, Львові, Одесі та інших містах. В Україні активно

реалізуються проєкти з будівництва нових зарядних станцій для електромобілів, що дозволяє суттєво збільшити популярність таких транспортних засобів серед населення. У 2023 році Київ закупив 70 нових електричних автобусів, а Львів – ще 50. Це частина програми з оновлення громадського транспорту та зменшення викидів CO₂. В Україні є понад 2000 зарядних станцій для електричних автомобілів (за даними Асоціації електричних транспортних засобів України).

Водневі технології стають ще одним важливим напрямком для України в контексті розвитку сталого транспорту. У 2022 році в країні була розпочата реалізація пілотного проєкту із використання водневих автобусів. Зокрема, у Львові розпочалась співпраця з міжнародними партнерами для тестування водневих автобусів. Це стало важливим кроком до створення інфраструктури для водневого транспорту в країні. Львів став одним з перших міст в Україні, яке тестує водневі автобуси в рамках проєкту міжнародної співпраці. Україна має стратегічні плани щодо розвитку водневих технологій, включаючи будівництво водневих заправок до 2030 року, згідно з національними програмами.

З фактів міжнародного досвіду: Японія, яка активно розвиває водневу економіку, вже випустила перший водневий автомобіль серійного виробництва – Toyota Mirai. Це перший водневий автомобіль серійного виробництва, випущений в 2014 році. У Японії планується побудувати понад 1000 водневих заправок до 2030 року.

Розумні транспортні системи – це майбутнє мобільності, що поєднує штучний інтелект, великі дані та автоматизацію. Вони оптимізують дорожній рух, зменшують затори, підвищують безпеку та сприяють екологічності. Інноваційні технології, такі як «розумні» світлофори, безпілотний транспорт і цифрові навігаційні платформи, роблять пересування містами швидшим, комфортнішим та енергоефективним.

Наводимо кілька прикладів розумних транспортних систем які змінюють міста, роблячи транспорт зручнішим, безпечнішим і дружнім до довкілля.

- Автоматизовані системи управління дорожнім рухом – «розумні» світлофори, які адаптуються до інтенсивності руху та зменшують затори (наприклад, система SCOOT у Лондоні).

- Безпілотний громадський транспорт – автономні автобуси, трамваї та поїзди, які зменшують ризик аварій та підвищують ефективність (наприклад, безпілотні метро в Дубаї).

- Інтелектуальні транспортні додатки – мобільні платформи, що аналізують трафік у реальному часі та пропонують оптимальні маршрути (наприклад, Google Maps, Waze).

- Магістралі з вбудованими сенсорами – дороги, що самостійно контролюють стан покриття, температуру та рух транспорту, передаючи дані до диспетчерських центрів (наприклад, «розумні» шосе в Нідерландах).

- Електронні системи оплати проїзду – безконтактні способи оплати в громадському транспорті, що спрощують доступ та пришвидшують посадку (наприклад, Oyster Card у Лондоні або транспортні карти в Сингапурі).

- Каршеринг та МааS (Mobility as a Service) – сервіси, що поєднують різні види транспорту в одній екосистемі, дозволяючи користувачам пересуватися без власного авто (наприклад, Uber, Bolt, BlaBlaCar, CityBike).

Інфраструктура для майбутнього транспорту є ключовим фактором для успішної інтеграції інноваційних транспортних технологій. Важливими кроками у цьому напрямку є розвиток зарядних станцій для електричних автомобілів, водневих заправок і вдосконалення інфраструктури для автономних транспортних засобів. У 2023 році Європейський Союз оголосив про плани створення масштабної мережі зарядних станцій для електричних автомобілів, що дозволить зробити подорожі на таких автомобілях зручними та доступними по всьому континенту. Європейський Союз має намір побудувати понад 3 млн зарядних станцій до 2030 року. США планують встановити 500 000 нових зарядних станцій до 2030 року (US Department of Energy).

Одним з ключових досягнень в Україні є розвиток інфраструктури для зарядки електричних автомобілів. Створення мережі зарядних станцій стало необхідністю для розвитку електричного транспорту, і цей процес активно триває. Наприклад, у Києві та інших великих містах з'являються нові станції для зарядки електромобілів, що дозволяє власникам таких транспортних засобів подорожувати без обмежень. В Україні в 2022 році кількість зарядних станцій для електричних автомобілів зросла на 30% порівняно з попереднім роком. До 2025 року в Україні планується збільшити кількість зарядних станцій до 5000 одиниць, що стане основою для розвитку ринку електричних автомобілів. Сталий транспорт не обмежується лише електричними або водневими засобами. Зростає

популярність велосипедів як екологічно чистого транспорту в містах. Київ, Львів, Одеса та інші міста України активно впроваджують велодоріжки та створюють зручні умови для велосипедистів. Це дозволяє зменшити кількість автомобілів на дорогах, покращити екологічну ситуацію в містах і зробити транспорт більш доступним для людей різного віку та соціальних груп. Київ оголосив плани щодо збільшення кількості велодоріжок на 50% до 2025 року. Львів також активно розвиває інфраструктуру для велосипедистів і пішоходів, що дозволяє знизити забруднення повітря та підвищити якість життя мешканців міста.

Майбутнє транспорту безсумнівно буде екологічно чистим, завдяки розвитку технологій, які сприяють зменшенню впливу транспорту на довкілля. Електричні та водневі транспортні засоби, автономні технології, розвиток міського транспорту і нові інфраструктурні рішення сприятимуть створенню чистої планети. Важливо, щоб ці інновації швидко набирали обертів і ставали доступними для широких верств населення. В результаті таких змін ми можемо очікувати значне покращення якості повітря, зменшення викидів парникових газів і, в кінцевому підсумку, створення більш сталого майбутнього для всіх. Україна активно включається в процеси глобальної трансформації транспорту, орієнтуючись на впровадження електричних, водневих та автономних технологій, які сприятимуть зменшенню впливу транспорту на навколишнє середовище. Розвиток інфраструктури для електричних та водневих автомобілів, а також покращення міського транспорту робить важливий внесок у збереження екології. Проте важливо продовжувати інвестувати в ці технології, щоб забезпечити сталий розвиток транспорту в Україні і сприяти формуванню чистої та безпечної планети для майбутніх поколінь.

Використані джерела

1. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року : затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 30 груд. 2024 р. № 1550. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1550-2024-p>.
2. Міністерство енергетики України. Воднева стратегія України до 2050 року. URL: <https://www.mev.gov.ua>.
3. Гавриш С. В., Левченко О. П. Перспективи розвитку водневого транспорту в Україні // Науковий вісник Національного транспортного університету. 2023. № 2 (54). С. 45–52.

4. Петров В. М., Сидоренко Л. І. Екологічні аспекти впровадження електричного транспорту // Транспортні технології. 2022. № 1 (31). С. 78–84.

5. BRDO – Офіс ефективного регулювання. Зелена відбудова України: перспективи застосування водню в транспорті. URL: <https://brdo.com.ua/analytics/zelena-vidbudova-ukrayiny-perspektyvy-zastosuvannya-vodnyu-v-transporti> (дата звернення: 01.04.2025).

УДК 502.36:656.2

РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ З ДОТРИМАННЯМ ЕКОЛОГІЧНИХ ВИМОГ

Нерубацький Володимир Павлович,

кандидат технічних наук, доцент;

Фалєєв Федір Романович,

здобувач вищої освіти,

Український державний університет

залізничного транспорту

Анотація. Одним з існуючих недоліків використання залізничного транспорту залишається питання впливу на екологію. Без вирішення питання впровадження екологічних технологій на залізничному рухомому складі неможливий подальший розвиток залізниці. У повідомленні розглянуто питання екологічного впливу залізничного транспорту на навколишнє середовище. Запропоновано шляхи до поширення впровадження екологічних технологій на залізниці та підвищення екологічності роботи залізничного транспорту.

Ключові слова: залізничний транспорт, екологічне становище довкілля, навколишнє середовище, забруднення довкілля, екологічні технології.

Annotation. One of the existing disadvantages of using railway transport remains the issue of its impact on the environment. Without solving the issue of implementing environmental technologies on railway rolling stock, further development of railways is impossible. The paper considers the issue of the environmental impact of railway transport on the environment. Ways are proposed to spread the implementation of environmental technologies on railways and increase the environmental friendliness of railway transport.

Keywords: railway transport, ecological situation of the environment, environmental pollution, ecological technologies.

Залізничний транспорт, порівняно з автомобільним та повітряним, є більш екологічно чистим видом транспорту. Щільність залізничної мережі і висока вантажна напруженість вельми актуалізують проблему впровадження екологічних технологій на залізничному транспорті України. Вплив залізничного транспорту на екологічне становище навколишнього середовища вельми відчутний. Він проявляє себе в забрудненні повітряного та водного середовищ. Здебільшого, характер впливу залізничного транспорту на екологію визначається складом техногенних факторів, інтенсивністю їх впливу та екологічною вагомістю впливу на елементи природи. Техногенний вплив, в деяких випадках, може бути локальним поодиноким фактором або комплексним, від групи різних факторів, що здебільшого залежать від виду впливу, їх характеру та об'єкту впливу.

Залізничний транспорт є одним з основних засобів для перевезення вантажів. Тому, крім викидів в атмосферу продуктів згорання дизельного палива, як у випадку з тепловозами, в навколишнє середовище потрапляє значна кількість пилу від руди, солей та мінеральних добрив. При зупинці поїзда з колісних пар виділяються рідкі мастильні суміші. З вагонів-цистерн на шляху прямування під час руху унаслідок негерметичності клапанів та зливних приладів, відсутності щільності люків можуть просачуватися хімічні продукти. Хімічний вантаж є особливо небезпечним, оскільки володіє великою кількістю токсичних властивостей. Деякі речовини, які не є отруйними у звичайних умовах, здатні стати ними при різкій зміні зовнішніх умов. Вони просочуються через ґрунтові горизонти та забруднюють ґрунтові води. Взагалі, хімічні речовини здатні мігрувати та розсіюватися в повітрі, у воді, ґрунті, завдаючи незворотної шкоди природі.

Особливу тривогу, з погляду забруднення, може викликати перевезення небезпечних речовин. До цих речовин, здебільшого відносять речовини та вироби, які через свої особливості за екстремальних обставин у процесах перевезення або зберігання можуть завдати шкоди навколишньому середовищу, спричинити вибух, пожежу або пошкодження залізничного транспорту, а також захворювання або загибель людей. Будь-який хімічний вантаж містить потенційну небезпеку, оскільки має токсичні властивості. Речовини, які не є отруйними за звичайних умов, мають потенціал стати ними при різкій зміні зовнішніх умов.

Пасажи́рські вагони є причиною забруднення залізничного полотна сміттям і стічними водами. Однак кількість забруднювальних речовин частіше значно менша, ніж від перевезення вантажів.

Також неможливо не згадати один з основних забруднювачів на залізничному транспорті, а саме: металевий пил, який утворюється внаслідок взаємодії колеса з рейкою. Його вдихання людиною або твариною може стати причиною негативних наслідків для здоров'я та є небезпечним для життя живих істот.

Урахування усіх наведених видів впливів залізничного транспорту на екологічне становище навколишнього середовища є вкрай важливим під час розробки та впровадження нових екологічних технологій. Саме дивлячись на ці причини, можливо підібрати необхідний підхід в боротьбі із забрудненням довкілля при експлуатації залізничного транспорту. Так, для перевезення хімічних та небезпечних речовин, можливі впровадження новітніх герметичних цистерн та спеціалізованих вагонів, що будуть оснащені системами контролю тиску витоків речовин. Можливе також впровадження автоматизованих систем моніторингу стану вантажу в реальному часі. Для запобігання негативним наслідкам для екології при транспортуванні небезпечних речовин, які призводять до великої кількості їх витоків, доцільним буде розробка автоматичних аварійних клапанів і протирозливних систем. Оптимізація маршрутів перевезень допоможе мінімізувати час шляху та кількість перевезень.

У разі перевезень руд, солей, та мінеральних добрив, які викидають пил, доцільною буде модернізація вагонів-хоперів з герметичними заслонками, які дали б змогу запобігти утворенню пилу. Використання систем пилопридушення на станціях завантаження і розвантаження вантажів допоможе запобігти викиду великої кількості пилу під час виконання цих процесів. Організація пунктів промивки вагонів з подальшою утилізацією забруднюючих речовин надасть змогу позбавитися причин забруднення навколишнього середовища після перевезення. Для пасажирських перевезень можлива розробка спеціальних відсіків для стічних вод, щоб запобігати їх витоків в навколишнє середовище і, в подальшому, утилізувати.

Тепловози є одним з найголовніших забруднювачів на залізничному транспорті. Основним екологічним чинником при цьому є вуглекислий газ CO_2 , який утворюється в процесі спалювання дизельного палива. Це призводить до забруднення атмосферного повітря і, як наслідок, до

парникового ефекту. Оснащення сучасних тепловозів системами зниження викидів шкідливих речовин за рахунок використання екологічних видів палива та технологій доочищення вихлопних газів може значно зменшити вплив тепловозів на навколишнє середовище.

Ця проблема майже відсутня на електричному залізничному транспорті. В цьому випадку, основним забруднювачем є металевий пил, який утворюється під час контакту колеса з рейкою. Одна з основних проблем полягає в тому, що цей пил, при вдиханні його людиною, осідає дрібними металевими частинками в легенях, призводячи до негативних наслідків щодо здоров'я людини. Одним з варіантів боротьби з металевим пилом може бути використання спеціальних змащувальних систем для зменшення тертя та зносу металу. Також можлива розробка антивібраційних вставок та гумометалевих прокладок для зниження динамічного впливу. Доцільним буде проведення регулярної очистки залізничного полотна та рухомого складу із застосуванням пилоуловлюваних установок.

Запровадження новітніх екологічних систем на залізничному транспорті є достатньо складним процесом, проте, однозначно необхідним. Повсюдне впровадження та використання екологічних технологій на залізниці сприятиме зниженню негативного екологічного впливу залізничного транспорту на навколишнє середовище і своєчасному вживанню заходів із запобігання шкідливого впливу забруднень на людей і природу.

УДК 656.1:502/504

РОЗВИТОК ІНФРАСТРУКТУРИ АКТИВНОЇ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ МОБІЛЬНОСТІ ЯК СТРАТЕГІЧНИЙ НАПРЯМ ЕКОЛОГІЧНО СТІЙКОГО МІСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Птиця Геннадій Григорович,

кандидат технічних наук, доцент;

Абрамова Людмила Сергіївна,

докторка технічних наук, професорка;

Птиця Наталія Василівна,

кандидатка технічних наук, доцентка,

Харківський національний

автомобільно-дорожній університет

Анотація. Розглянуто розвиток активної індивідуальної мобільності (АІМ) як важливого компонента сталого міського транспорту. Проаналізовано чинні нормативні документи України щодо велосипедної інфраструктури, виявлено суперечності та обґрунтовано необхідність зміни підходів до планування. Проведено моделювання варіантів реконструкції магістральної вулиці м. Харків з урахуванням потреб користувачів АІМ із застосуванням інструменту STREETMIX. Результати показали значне зростання провізної здатності та підвищення безпеки дорожнього руху. Запропоновано стратегічні напрями розвитку велосипедного транспорту в контексті екологічної стійкості та інтелектуального управління міським рухом.

Ключові слова: активна індивідуальна мобільність (АІМ), велосипедна інфраструктура, сталий транспорт, STREETMIX, планування індивідуальної мобільності населення, безпека руху.

Annotation. Explores the development of active individual mobility (AIM) as a crucial component of sustainable urban transport. Current Ukrainian regulations concerning cycling infrastructure are analyzed, key contradictions are identified, and the need to revise planning approaches is substantiated. Urban street cross-section scenarios were modeled using the STREETMIX tool for a main street in Kharkiv, taking AIM user needs into account. The results indicate a significant increase in passenger throughput and improved traffic safety. Strategic directions for bicycle transport development are proposed in the context of environmental sustainability and intelligent urban traffic management.

Keywords: active individual mobility (AIM), cycling infrastructure, sustainable transport, STREETMIX, planning of individual population mobility, traffic safety.

Мінімізація шкідливих викидів від транспорту є актуальним завданням як для України, так і для країн Європейського Союзу. Одним із

перспективних напрямів досягнення цієї мети виступає активна індивідуальна мобільність (АІМ), що охоплює пересування пішки, на велосипедах, самокатах та інших електроіндивідуальних транспортних засобах. Зростання глобального інтересу до таких способів пересування є цілком виправданим, адже вони поєднують екологічну доцільність, економічну ефективність, позитивний вплив на здоров'я населення та підвищення загальної комфортності міського середовища.

В останнє десятиліття в Україні спостерігається підвищена увага до дослідження суспільних просторів, зокрема в контексті гуманізації міського простору, де важливу роль відіграє розвиток велосипедного руху. Попри широке використання велосипедів населенням, наявна інфраструктура залишається вкрай недостатньою, що перешкоджає використанню велосипеда як повноцінного виду транспорту. Національна транспортна стратегія України до 2030 року передбачає комплекс заходів, спрямованих на розвиток велосипедного руху, зокрема:

- створення інституційних засад розвитку велотранспорту, у тому числі нормативно-правових актів щодо інтеграції велосипедного руху в систему дорожнього руху;
- розроблення стратегії розвитку велосипедної інфраструктури на основі міжнародного досвіду, підвищення безпеки руху та інвестицій у велосипедну інфраструктуру;
- будівництво виділених велодоріжок в межах міських, приміських і сільських населених пунктів, а також сприяння популяризації засобів підвищення безпеки, зокрема світловідбивальних елементів [1].

Метою дослідження є наукове обґрунтування доцільності впровадження заходів планування індивідуальної мобільності населення на основі розвитку велосипедної інфраструктури в умовах українських міст.

Одним із ключових факторів, що визначають ефективність велосипедного транспорту, є швидкісні характеристики, які істотно залежать від дорожньо-транспортних умов. У середньому, в міських умовах швидкість велосипедиста становить 10–15 км/год, що зростає до 17 км/год за наявності якісних велодоріжок. На шосе швидкість може досягати 28–32 км/год, однак, це характерно для досвідчених користувачів із високим рівнем фізичної підготовки [2]. При цьому понад 80% поїздок на велосипедах здійснюється на відстані до 5 км.

Сучасна організація міського руху вимагає врахування специфіки учасників дорожнього руху, зокрема велосипедистів як окремої категорії з індивідуальними потребами. Використання ними тротуарів або проїзної

частини без виділеної інфраструктури створює ризики для всіх учасників руху. Тому необхідне створення безпечної, зручної, привабливої, безперервної та логічно зв'язаної велосипедної інфраструктури, яка сприятиме не лише підвищенню рівня безпеки, а й активізації переходу населення на екологічно дружні види транспорту.

До основних елементів велосипедної інфраструктури належать велосмуги та велодоріжки. Відмінність між ними полягає у ступені фізичного відокремлення від автомобільного руху: велосмуга зазвичай не має жорсткого бар'єру, тоді як велодоріжка є відокремленою буферною зоною або бордюром. Відповідно до чинних будівельних норм [3; 4], облаштування велоінфраструктури повинно орієнтуватися на напрямки з високою інтенсивністю руху та інтегруватися в функціональні зони міської структури – житлові, промислові, логістичні та рекреаційні.

Однак чинне нормативне регулювання часто передбачає створення інфраструктури лише там, де вже існує підвищений попит на велопересування, що є системною помилкою. Популярність велосипедного транспорту безпосередньо залежить від наявності відповідної інфраструктури, а не навпаки. Нові Державні будівельні норми (ДБН) [5] регламентують створення велосипедних шляхів на магістральних, місцевих та міжквартальних дорогах, з урахуванням необхідності доступу до об'єктів масового відвідування, житлових районів і промислових кластерів.

Аналіз світових і вітчизняних підходів дозволяє виділити основні переваги та стратегічний потенціал розвитку велосипедної інфраструктури в контексті інтелектуального управління міським рухом.

1. Велотранспорт за наявності якісної інфраструктури є ефективною альтернативою автомобілю.

2. Велосипедний туризм сприяє формуванню екологічної туристичної привабливості міст.

3. Стійкий територіальний розвиток неможливий без інтеграції АІМ як маркера якості життя.

4. Веломережа виступає драйвером розвитку місцевого бізнесу та активізації суспільної взаємодії.

5. Створення велосипедної інфраструктури є економічно доцільним засобом реорганізації транспортної логістики на мікрорівні.

При оцінюванні ефективності заходів розвитку АІМ доцільно зміщувати акцент з традиційної транспортної метрики – пропускної спроможності – до показника провізної здатності, що відображає кількість

переміщених осіб, а не транспортних засобів [6]. Такий підхід більш релевантний для оцінки сталого функціонування міських транспортних систем. У межах дослідження було застосовано спеціалізоване програмне забезпечення STREETMIX для моделювання технічних рішень розвитку АІМ на прикладі магістральної вулиці м. Харків. Було розглянуто кілька варіантів зміни поперечного профілю вулиці з урахуванням локальних умов та вимог нормативної бази [5]. Залежно від типу організації руху (велосмуги, односторонні або двосторонні велодоріжки, велопішохідні маршрути) визначались технічні параметри інфраструктури – ширина, покриття, колір, тип розмітки тощо.

Результати моделювання засвідчили, що реалізація запропонованих варіантів реконструкції вулиці з урахуванням АІМ дозволяє підвищити провізну здатність до 81 000 пасажирів на годину, що суттєво перевищує базові показники. Обґрунтовано вибір комбінованого підходу: використання делініаторів на етапі короткострокового планування та облаштування повністю відокремлених велодоріжок у довгостроковій перспективі.

Аналіз аварійності на магістральній вулично-дорожній мережі м. Харків свідчить, що ДТП за участю велосипедистів з тяжкими наслідками переважно фіксуються на магістральних напрямках, де відсутні елементи захищеної інфраструктури, а швидкість автотранспорту значно перевищує середньоміські показники.

В результаті дослідження окреслено ключові напрями, що потребують подальшого наукового обґрунтування для формування ефективної політики розвитку АІМ, а саме:

- створення методів прогнозування попиту на АІМ та його інтеграції з системами громадського транспорту;
- формування моделей логістики доставки малих вантажів із використанням вантажних велосипедів та інших засобів АІМ;
- оцінювання впливу інфраструктурних змін на пропускну здатність і безпеку ВДМ населених пунктів, з урахуванням перерозподілу простору під велоінфраструктуру.

Список бібліографічних посилань

1. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text>.

2. Швидкість велосипеда — середня та максимальна. URL: <https://cycles.com.ua/ua/skorost-velosipeda-srednjaja-maksimalnaja>.
3. Планування та забудова територій. ДБН Б.2.2-12:2019. Київ, 2019. 183 с. (Державні будівельні норми України).
4. Вулиці та дороги населених пунктів. ДБН В.2.3-5:2018. Київ, 2018. 61 с. (Державні будівельні норми України).
5. Планування та проектування велосипедної інфраструктури. Загальні вимоги. ДСТУ 8906:2019. Київ, 2019. 86 с. (Національний стандарт України).
6. U-Cycle (ГО «Асоціація велосипедистів Києва»). URL: <https://ucycle.org.ua/articles/pidrakhunok-osin-2020/>.

Наукове видання

**Наука ХХІ століття.
Інновації у транспортній галузі**

Матеріали науково-практичної конференції
Харків, 12 травня 2025 року

Редактор *С. М. Миценко*

Формат 60×90/8. Ум. друк. арк. 11,8. Обл.-вид. арк. 4,6
Харківська державна наукова бібліотека ім. В. Г. Короленка
пров. Короленка, 18, м. Харків, 61003, Україна
E-mail: info@korolenko.kharkiv.com